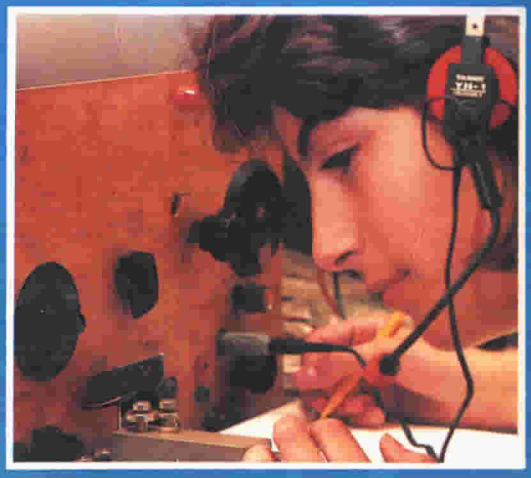
FRANCO MALENZA

LA PATENTE DI RADIOAMATORE

FRANCO MALENZA

LA PATENTE DI RADIOAMATORE

MANUALE TEORICO - PRATICO
PER LA PREPARAZIONE ALL'ESAME DI OPERATORE
DI STAZIONE DI RADIOAMATORE
IN CONFORMITA' AI PROGRAMMI MINISTERIALI



3ª edizione

EDITOR i.e.

LA PATENTE DI RADIOAMATORE

EDITOR i.e.

Dott. COSTANTINI MARCO
MEDICO - CHIRURGO
N. d'Ord. 00056
St.: Via del Tavolato n. 13
00178 ROMA - Tel. 71.88.738

FRANCO MALENZA

LA PATENTE di RADIOAMATORE

a cura di ONDA QUADRA

MANUALE TEORICO PRATICO PER LA PREPARAZIONE
ALL'ESAME DI OPERATORE DI STAZIONE DI RADIOAMATORE
IN CONFORMITA' AI PROGRAMMI MINISTERIALI.

EDITOR iniziative editoriali s.a.s
via Mazzini, 14
24034 CISANO B.sco - BG
ITALIA

Proprietà letteraria riservata

© *Editor iniziative editoriali s.a.s.*

PREFAZIONE

Chi siano e cosa facciano i Radioamatori è argomento trattato già su molte opere; la lunga esperienza di generazioni di "dilettanti" che hanno saputo impegnarsi in questo affascinante campo scientifico, quasi sempre con mezzi di fortuna, ma armati di una costanza fantasiosa e tenacissima che ha portato a notevoli risultati nelle innovazioni tecniche e ad un indubbio avvicinamento tra le diverse nazioni, attraverso quel mezzo di comunicazione via radio che ha sconvolto l'intero costume di questo secolo!

Ma se mettiamo un pò da parte la retorica sui vecchi pionieri e osserviamo criticamente i tempi nostri, dobbiamo constatare che il mondo Radioamatoriale è notevolmente mutato; nessuno pensa ancora a costruirsi l'apparecchio pezzo a pezzo; i negozi specializzati vendono efficentissime stazioni già collaudate, corredate da strumenti ed accessori raffinati e chiunque disponga di denaro può in un sol giorno installarsi a casa i migliori apparati, ma l'unica cosa che lo separerebbe dai veri RADIOAMATORI rimarrebbe il famoso ESAME DI PATENTE, quello scoglio che ancora, sia pur smussato, si erge a scoraggiare i giocherelloni punti da vaghezza momentanea per la radio.

Abbiamo parlato di scoglio smussato a ragion veduta in quanto, com'è noto, numerosi sono i casi di esenzione dall'esame previsti dalle normative MINISTERIALI, e l'introduzione della patente e licenza "speciale" che consentono di evitare l'esame di telegrafia, ha abbassato grandemente il livello d'impegno richiesto agli aspiranti.

Pochi anni fa, l'esame di telegrafia era obbligatorio ed esistevano ben tre classi di patente d'operatore, con diversi gradi di difficoltà sia teorici che pratici; questi metodi di prova sono rimasti in alcuni paesi ,in altri l'esame comporta una tale difficoltà da essere accessibile solo a pochissimi specialisti, ma in generale la diffusione della passione per la radio e la non sottovalutabile pressione del mercato hanno indotto le competenti autorità di ogni Nazione a liberalizzare la concessione di patenti e licenze.

Va subito notato, osservando il programma d'esame fissato dal Ministero che, almeno per quanto riguarda la parte tecnico-teorica, esso risulta piuttosto impegnativo e richiederebbe diversi mesi di seria preparazione! Fortunatamente la preparazione circa gli argomenti trattati, è pretesa dagli esaminatori a livello di conoscenza di principio, riducendo all'essenziale la conoscenza teorica: ciò è giusto soltanto se supponiamo che il nuovo Radioamatore, una volta ottenuto il privilegio di poter liberamente "andare in onda" s'impegni a migliorare costantemente quella preparazione tecnica per la quale l'esame ha costituito la base minima!

Con questo manuale ci siamo proposti appunto di aiutare il candidato a formarsi, in tempo relativamente breve, una valida preparazione che gli consenta di superare senza difficoltà l'esame e abbiamo curato gli argomenti più impegnativi e più interessanti il campo specifico della elettronica in funzione delle Radiocomunicazioni, sempre seguendo il programma ministeriale. Esso può costituire inoltre un'ottima base di preparazione per coloro che vogliano intraprendere in seguito un più profondo studio dell'elettronica e delle Radiocomunicazioni.

Non ci resta che raccomandarVi il dovuto impegno e formularVi i migliori auguri.

Capo I

Elettrologia ed Elettrotecnica

NOTA: **Le leggi della radiotecnica sono legate a quelle dell'elettrotecnica e più in generale a quelle della Fisica. La buona conoscenza dei principi di elettrotecnica è comunque INDISPENSABILE per l'apprendimento dei circuiti Radio, si raccomanda pertanto l'accurato svolgimento degli esercizi proposti a fine di questo come degli altri capitoli.**

CAPITOLO 1

- **Carica elettrica**
- **Campo elettrico**
- **Capacità elettrica e condensatore:**
- **Unità di misura delle capacità**

LA CARICA ELETTRICA E L'ATOMO

Ti sarà accaduto talvolta di toccare la portiera d'una automobile e di avvertire una rapida e fastidiosa "scossa", oppure d'esserti tolto un maglione o una giacca, nel buio della tua camera, e di accorgerti nel posarlo sopra una seggiola, dello scoccare d'una strana scintilla azzurra, un fenomeno velocissimo e, vedremo perchè, non sempre ripetibile.
Sia l'automobile che il tuo maglione avevano assunto la cosiddetta "carica elettrostatica", qualcosa di simile ad un secchio che, lasciato all'aperto si fosse riempito d'acqua per effetto di un piovasco; migliaia di gocce d'acqua paragonabili ai miliardi di elettroni che costituiscono una "carica"; quando ai toccato la vettura essi sono transitati attraverso il tuo corpo, tornando alla terra, come se tu avessi rovesciato il secchio, provocando un momentaneo flusso d'acqua subito assorbito dalla terra. Ma l'acqua è ben visibile; gli elettroni invece dobbiamo accontentarci d'immaginarli e questo ci porta necessariamente ad indagare brevemente sulla struttura dell'ATOMO, del quale essi fanno parte. Diremo subito che esistono in natura un centinaio di *elementi,* ossia di strutture atomiche diverse fra loro e chimicamente irriducibili. Dalle combinazioni di tutti questi elementi otteniamo tutte le sostanze a noi note, ossia la combinazione di due o più atomi di diversi elementi forma una molecola di una certa sostanza. Il più semplice atomo è quello dell'IDROGENO, il leggerissimo gas impiegato anche per gonfiare i palloncini: se noi potessimo ingigantire di parecchi miliardi di volte un atomo di idrogeno vedremmo qualcosa di simile ad un sistema planetare, dove un solo pianeta, ossia un elettrone, ruota attorno ad un nucleo, ossia un protone, avente una massa circa 2000 volte maggiore della sua. L'elettrone è dunque l'ultima infinitesimale particella dell'elemento.

Pagina mancante

Pagina mancante

Se paragoniamo ogni goccia d'acqua ad un elettrone sottratto al suo atomo, possiamo immaginare la differenza fra i due concetti di carica elettrica (atomi jonizzati) e di corrente elettrica (spostamento di elettroni per ricombinarsi con gli atomi). È senza dubbio questa un'analogia un pò rozza ma valida per introdurci allo studio dei complessi fenomeni elettrici, nei quali l'elettrone è sempre presente.

MATERIALI ISOLANTI E MATERIALI CONDUTTORI

Abbiamo visto che qualsiasi atomo di qualunque elemento può venire jonizzato, ossia può acquistare o perdere qualche elettrone orbitante. Lo studio delle strutture atomiche ci porterebbe troppo lontano, ma una considerazione va subito rilevata: in alcuni materiali il passaggio di un elettrone da un atomo ad un altro atomo in prossimità è molto difficile, in altri è molto facile. I primi vengono chiamati materiali isolanti, i secondi materiali conduttori! In realtà non esistono materiali assolutamente isolanti, nemmeno lo spazio vuoto è un perfetto isolante per i fenomeni elettrici, ma lo spostamento di elettroni avviene con estrema facilità nei metalli e nei loro composti, con enorme difficoltà in quasi tutti gli altri materiali.
Anche l'acqua e alcuni liquidi sono discreti conduttori, mentre vi sono materiali che presentano buona conduttività solo in determinate condizioni ed altri che consentono conduttività solo in un determinato senso, i famosi semiconduttori che hanno consentito la costruzione dei "transistor".
Uno dei materiali più conduttivi è l'argento, il cui atomo ha un peso atomico 107 e un numero atomico 47; quasi altrettanto buon conduttore è il rame, con peso atomico 63 e numero atomico 29, universalmente usato in elettrotecnica per il costo relativamente basso.

IL CAMPO ELETTRICO

Se prendi una normale penna a sfera di plastica e, dopo averla strofinata un pò sulla manica della tua giacca, la avvicini a qualche pezzetto di carta, noterai che i pezzetti di carta vengono attratti dalla plastica. L'azione di strofinamento ha infatti sottratto un certo numero di elettroni dal materiale plastico, jonizzandone positivamente gli atomi, sicchè avvicinati alla carta, essi tenderanno a recuperarli da essa, esercitando una azione attrattiva. Si potrebbe pensare che tale azione venga effettuata interessando anche gli atomi di aria interposti fra la plastica e la carta, ma il fenomeno si verifica anche nel vuoto assoluto. Qual'è dunque il mezzo fisico attraverso il quale l'azione si può verificare?
Una soddisfacente risposta ancora non è stata data dalla fisica! Ci si accontenta di dire che il vuoto assoluto non esiste o meglio che esiste una entità ancora ignota presente in tutto lo spazio, che consente il verificarsi di fenomeni elettrici.
I campi magnetici, come quelli esercitati da una calamità, le stesse onde

ETERE

radio che si propagano da un'antenna, agiscono dunque attraverso un elemento, per noi ancora misterioso, chiamato simbolicamente "ETERE".
Ma noi stiamo ora trattando il campo elettrico e andremo a vedere cosa succede se ad esempio avviciniamo due piastre di rame l'una all'altra, senza che fra loro vi sia un contatto, come illustrato in fig. 1-5.

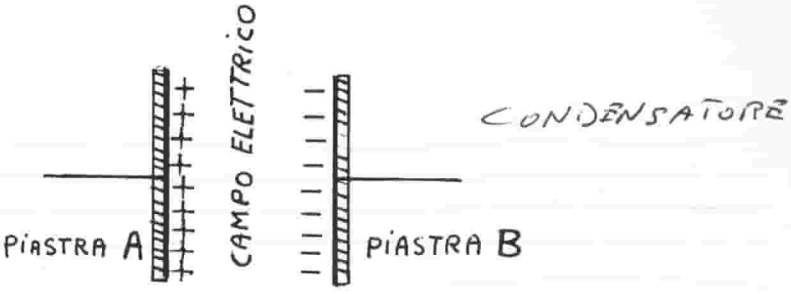


Fig. 1-5: Due conduttori isolati: il condensatore

Supponiamo di riuscire a jonizzare gli atomi della piastra A sottraendo ad essa degli elettroni. Gli atomi di A ricercherebbero il loro equilibrio turbato cercando di attrarre elettroni dalla piastra B e potremmo anche dire, per quanto già trattato, che la piastra A presenta un potenziale positivo rispetto alla piastra B, ovvero che la piastra B presenta un potenziale negativo rispetto alla A. Tale potenziale esercitato attraverso un materiale isolante, qual'è l'aria interposta, oppure anche attraverso il vuoto, crea un cosidetto campo elettrico, che si conserverà fino a quando rimanga la differenza di potenziale, ossia la jonizzazione di una delle due piastre.

CONDENSATORE E CAPACITA' ELETTRICA

Con le due piastre di materiale conduttore di fig. 1-5 abbiamo la visione di un vero e proprio condensatore del quale chiameremo le piastre col nome di **armature** e l'isolante fra esse interposto **dielettrico,** che nel caso considerato è l'aria, ma che potrebbe essere anche costituito da altri isolanti quali carta, mica, olio o anche dal vuoto.
Armature e dielettrico sono dunque i due elementi fondamentali di ogni condensatore e potremo anche considerare che due oggetti qualsiasi, isolati fra loro dall'aria, possono costituire le armature di un condensatore. La tua automobile costituisce una armatura di condensatore, isolata dal dielettrico costituito dalle ruote di gomma dalla seconda armatura che è il suolo, sicchè la tua automobile, le sue ruote e la terra formano un condensatore e se la carrozzeria viene jonizzata, sia positivamente che negativamente, avremo fra essa e la terra un campo elettrico, tanto più intenso quanto più forte è la jonizzazione.
Ma torniamo a considerare la fig. 1-5 e supponiamo che le nostre piastre presentino ciascuna una superficie di un metro quadrato e siano poste fra loro alla distanza di un metro.

In queste condizioni se riusciamo a jonizzare la piastra A sottraendole ad esempio un miliardo di elettroni, avremmo una certa carica elettrica e un certo campo elettrico nel dielettrico. Ora, se raddoppiamo le dimensioni delle piastre, raddopiando quindi il numero degli atomi che le compongono, il nostro miliardo di elettroni risulterebbe sottratto ad una superficie doppia, ossia meno atomi avrebbero perduto il loro equilibrio atomico e ne conseguirebbe un minor potenziale fra le armature, un conseguente minor campo elettrico nell'isolante interposto, ossia nel metro d'aria che costituisce il dielettrico.

Se invece conserviamo ad un metro quadrato la dimensione delle piastre ma le avviciniamo fra loro, diminuendo così lo spessore del dielettrico, l'azione di attrazione esercitata dagli atomi jonizzati positivamente di A nei confronti degli elettroni di B, diminuisce comportando ancora una diminuzione di potenziale fra le armature.

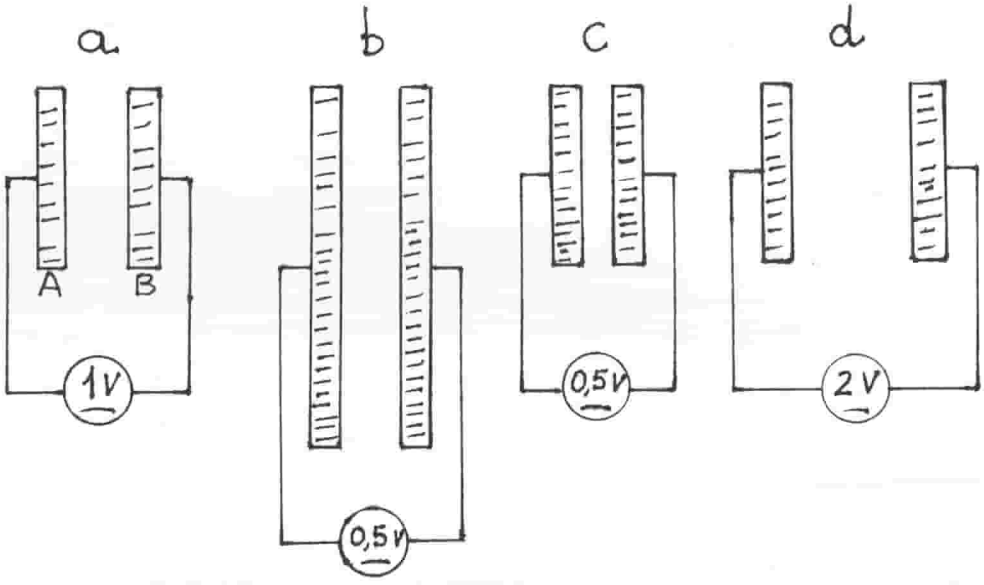


Fig. 1-6 (a,b,c,d,): diversi condensatori caricati con un Coulomb e collegati ad un voltometro

Abbiamo ipotizzato, una sottrazione ad una armatura di un miliardo di elettroni per avere una certa differenza di potenziale fra le armature del condensatore, ma esiste una ben determinata quantità di elettroni che comporta una differenza di potenziale di UN VOLT per un determinato condensatore, questa quantità di elettroni è il COULOMB e corrisponde alla bella cifra di $6{,}25 \cdot 10^{18}$ elettroni, vale a dire 6,25 miliardi di miliardi di elettroni per formare un Coulumb, unità di misura di tutte le capacità.

È stato infatti stabilito che se la carica di un Coulomb produce fra le armature di un condensatore la differenza di potenziale di 1 volt, esso presenta la Capacità di un Farad. Stabilito cos'è il Coulomb potremmo rovesciare i termini e dire che il volt è quella differenza di potenziale che si forma fra le

VOLT

armature di un condensatore avente la capacità di un Farad e caricato da 1 Coulomb (ossia siano stati sottratti $6{,}25.10^{18}$ elettroni dagli atomi di una sua armatura).

Non esiste concetto migliore per la definizione del volt come differenza di potenziale ed ora proviamo a fingere, per assurdo, che al condensatore in A delle fig. 1-6 venissero sottratti alla armatura A i famosi $6{,}25 \cdot 10^{18}$ elettroni che costituiscono un Coulomb e che in tali condizioni misurassimo fra le sue armature la tensione di 1 volt, significherebbe che il nostro condensatore A dispone della capacità di 1 Farad.

Ora, fermo restando il Coulomb e la distanza fra le armature, fingiamo di raddoppiare la dimensione di queste ultime, come in B della fig. 1-6, noteremo che la tensione si dimezza; perché a parità di carica, è raddoppiata la capacità del condensatore, infatti:

$$C = \frac{Q}{V}\ ; \qquad Q = C \times V; \qquad V = \frac{Q}{C}$$

dove
C = Capacità di Farad
Q = Carica in Coulomb
V = Differenza di potenziale in volt

Riportiamo la dimensione delle armature del condensatore come in A ma proviamo a immaginare di diminuire la distanza che le separa come da C di fig. 1-6 ferma restando la carica di 1 Coulomb, noteremo che la tensione risulterebbe di 0,5 volt, ossia anche in questo caso la sua capacità è raddoppiata, il che significa che per ottenere le differenze di potenziale di 1 V dovremmo caricarlo non con 1, ma con 2 Coulomb infatti:

$$\frac{\text{Coulomb}}{\text{Farad}} = \text{Volt} \qquad \frac{2}{2} = 1 \text{ Volt} \ ; \qquad \frac{1}{2} = 0{,}5 \text{ Volt}$$

Fingiamo infine di aumentare la distanza fra le armature del condensatore rappresentato in A della figura 1-6, ottenendo così quello rappresentato in D sempre caricato da 1 Coulomb, ma con capacità dimezzata. In questo caso misureremo una differenza di potenziale di 2 V perchè:

$$V = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Farad}} = \frac{1}{0{,}5} = 2 \text{ V}$$

UNITA' DI MISURA DELLE CAPACITA': IL FARAD E I SUOI SOTTOMULTIPLI; I TIPI DI CONDENSATORI

Gli esempi fin qui trattati sono ovviamente teorici; la capacità di un Farad è infatti enorme e per ottenerla bisognerebbe costruire un condensatore di proporzioni gigantesche, sicchè le capacità dei condensatori usualmente impiegati vengono espresse in microfard (μF) ossia in milionesimi di farad, oppure in picoFarad (pF oppure $\mu\mu$F) ossia in milionesimi di milionesimi di farad.

I condensatori aventi capacità di pochi pF usano generalmente un dielettrico di mica o di ceramica, quelli di diverse migliaia di pF dielettrici di carta, mentre per i condensatori di valori fra i 10 e i 1000 μF comunemente impiegati bisogna ricorrere a dielettrici speciali, detti volgarmente elettrolitici inquanto risultano buoni isolanti solo se polarizzati in un certo modo.

Ovviamente più è alta la capacità di un condensatore, più è ridotta la massima tensione che esso può sopportare. Pensiamo infatti alla necessità, per aumentare le capacità, d'avvicinare al massimo le armature, con la conseguenza che fra esse possa scoccare una scintilla (arco voltaico) per difetto d'isolamento, distruggendolo. Invero possono anche costruirsi condensatori ad alta capacità aumentando le dimensioni delle loro armature e conservando notevole lo spessore del dielettrico isolante, ma ciò comporta una grande dimensione fisica del condensatore.

La maggior parte dei condensatori sono contrassegnati quindi dalle seguenti caratteristiche:

1) - Capacità espressa in μF o in pF
2) - Tensione normalmente sopportata, indicata con VL (Voltaggio di lavoro)
3) - Tensione massima sopportabile, espressa in volt e generalmente indicata con V max (Voltaggio massimo)

Oltre la sua Tensione massima il condensatore tende ad innescare attraverso il suo dielettrico l'arco voltaico, con conseguente distruzione dello stesso.

CONDENSATORI IN PARALLELO

Supponiamo di disporre di due condensatori identici come in fig. 1-7 a, e volerli collegare assieme, come in fig. 1-7 b.

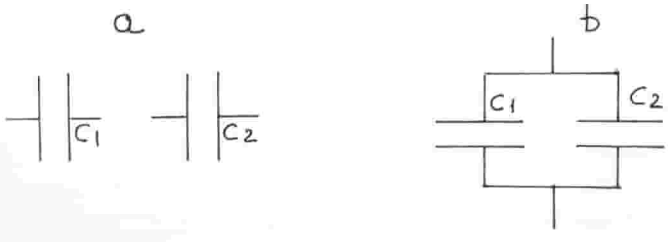


Fig. 1-7: Collegamento di condensatore in parallelo

Tale configurazione si chiama "parallelo" e risulta ovvio che avremmo ottenuto il medesimo risultato d'aver raddoppiato la dimensione delle armature di un singolo condensatore, sicchè abbiamo ottenuto un condensatore di capacità doppia, ferme restando la tensione massima e di lavoro di un condensatore singolo.
Ciò è espresso con le formule:
$C_{TOT} = C_1 + C_2 + ...$
Dove Ctot è la capacità complessiva, data dalla somma di tutte le capacità collegate in parallelo.

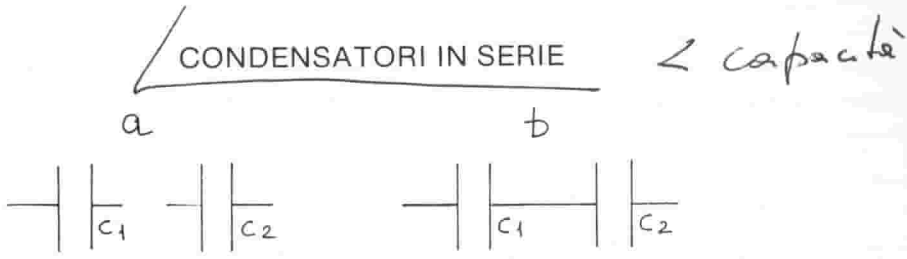


Fig. 1-8: Collegamento di condensatori in serie

Vediamo cosa succede, se anzichè in parallelo, collegassimo i nostri due condensatori, di uguale capacità, come nella figura 1-8 B, ossia in serie fra loro. Risulta evidente che avremmo formato un unico condensatore le cui armature esterne, anche se di uguali dimensioni, risultano fra loro ad una distanza doppia, il che comporta un dimezzamento della capacità totale. Se poi, i due condensatori avessero capacità fra loro diverse avremmo sempre una diminuzione di capacità totale come dalla seguente formula.

$$C_{TOT} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ...}$$

Con la formula abbiamo finto di applicare a ciascun singolo condensatore la tensione di 1 volt, caricandolo dunque con una quantità di carica Q = CxV, quindi abbiamo diviso 1 volt per l'intera somma di queste cariche ottenendo la capacità complessiva della serie. Ovviamente avendo ottenuto con la serie un aumento di distanza fra le armature esterne, anche la tensione massima sopportabile viene aumentata e corrisponderà alla somma delle tensioni massime sopportabili da ciascun condensatore.

ESPERIMENTI - 1 -

Qualche esperimento pratico potrà consentirti di provare dal vivo le teorie esposte. Dovrai procurarti un qualsiasi analizzatore universale, o tester, strumento che descriveremo in seguito più dettagliamente. Esso è essenzialmente un misuratore di corrente ossia di quantità di elettroni in transito che può venire usato anche come misuratore di tensioni in volt e come vedremo, di valori resistivi. È uno strumento indispensabile ad ogni radioamatore, per le grande versatilità d'uso e per il basso costo al quale è possibile procurarlo. Ne esistono in commercio con sensibilità dai 10.000 ohm x volt fino ai 100.000 ohm x volt.
I tipi più diffusi hanno sensibilità di 20.000 ohm X volt e meglio ancora 40.000 ohm x volt e si prestano benissimo per misure su circuiti radio.
Con pochi soldi puoi procurarti inoltre una normale batteria de 4,5 volt e tre condensatori elettrolici ciascuno da 100 μF, assicurandoti che possano reggere almeno 16 volt.

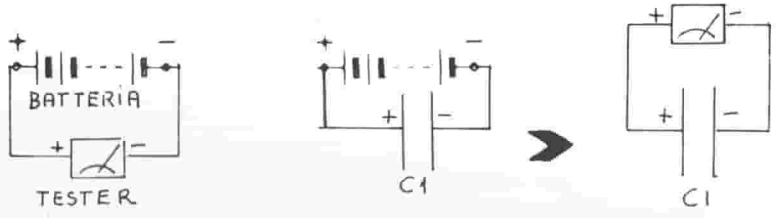


Fig. 1-9

Collega il tester alla batteria, rispettando la polarità dei puntali : avrai indicazione di circa 4,5 volt. Collega un condensatore, rispettando le polarità, alla batteria quindi staccalo da essa e collegalo al tester; avrai per qualche secondo l'indicazione medesima della tensione di batteria, successivamente a causa delle resistenza interna del tester, il condensatore si scarica e l'indicazione tenderà a zero.
Collega un condensatore alla batteria, quindi distaccalo e collegalo ad un secondo condensatore, come in fig. 1-10; misura col tester la tensione ai capi

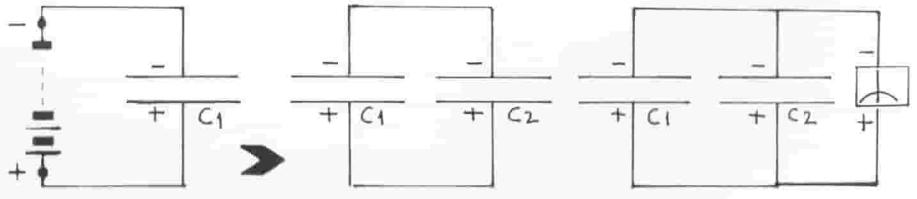


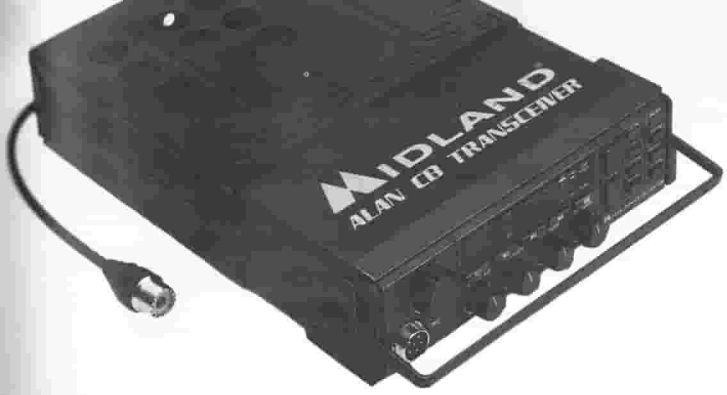
Fig. 1-10

MIDLAND
ALAN 28

È l'apparato più completo disponibile attualmente e dispone di:
5 MEMORIE: per avere i canali più utilizzati "sottomano".
MIC GAIN: preamplificatore microfono
RF GAIN: preamplificatore d'antenna
SCAN: per trovare automaticamente i canali impegnati
ROSMETRO AUTOMATICO: per tenere sotto controllo l'antenna.
Commutatore canali rotativo e pulsanti UP/DOWN sia sul frontalino che sul microfono per adattarsi a tutte le esigenze.

Frequenza di funzionamento: **26.965 - 27.405 MHz**
N. Canali: **40**
Potenza Max AM: **4.5 W.** • Potenza Max FM: **4.5 W.**
Tensione di alimentazione: **13.8 Vcc.**

isponibile, come accessorio opzionale, a plancia estraibile (MDL 7528) ilizzabile sia per ricetrasmettitore che r autoradio.



cte INTERNATIONAL
42100 Reggio Emilia - Italy
Via R. Sevardi, 7
(Zona Ind. Mancasale)
Tel. 0522/47441 (ric. aut.)
Telex 530156 CTE I
Fax 47448

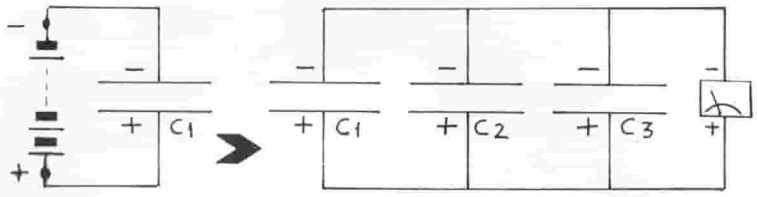


Fig. 1-11

di questo parallelo, essa sarà la metà di quella della batteria. Difatti il condensatore C1 era stato caricato a 4,5 volt assumendo una carica pari a Q=CV ossia $Q=100.10^{-6}$. 4,5. = 0,00045 Coulomb.
Assunta tale carica, collegato ad un altro condensatore identico, avremo una capacità complessiva doppia, pertanto siccome

$$V=\frac{Q}{C} \text{ avremo } V=\frac{100\cdot 10^{-6}\cdot 4{,}5}{200\cdot 10^{-6}} = 0{,}5\cdot 4{,}5 = 2{,}25 \text{ V}$$

Collega un condensatore alla batteria, come in fig. 1-11. quindi distaccalo e collegalo assieme agli altri due condensatori, già posti in parallelo fra loro e scaricati preventivamente. Misura la tensione ai capi dell'intero parallelo ed essa sarà $\frac{4,5}{3} = 1,5$ volt. Difatti il primo condensatore, caricato dai 4,5 volt ha assunto una carica $Q=4,5.100.15^{-6}$ Coulomb, collegato in parallelo agli altri due la sua capacità ne risulta triplicata ossia

$$C_{TOT} = C1+C2+C3 = 3\cdot 100\cdot 10^{-6}$$

e la tensione ai suoi capi sarà $V=\frac{Q}{C}$ ossia

$$V=\frac{4{,}5\cdot 100\cdot 10^{-6}}{3\cdot 100\cdot 10^{-6}} = \frac{4{,}5}{3} = 1{,}5 \text{ V}$$

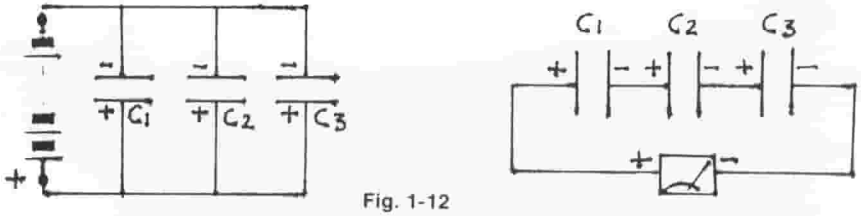


Fig. 1-12

Collega tutti e tre i condensatori in parallelo alla batteria, come in fig. 1-12 quindi staccali e collegali in serie fra loro,rispettando le polarità. Agli estremi delle serie misurerai una tensione 4,5 x 3= 13,5 Volt.
Infatti ciascun condensatore si è caricato con una carica
$Q=C.V= 100\cdot 10^{-6}\cdot 4,5 = 450\cdot 10^{-6}$; posti in serie otteniamo un unico condensatore avente capacità pari a

$$\frac{C}{3}$$

ossia 33,3 μF totali e con una carica complessiva pari a quella di un solo condensatore ossia 450.10^{-6} Coulomb, la tensione ai capi delle serie sarà pertanto

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{450.10^{-6}}{33{,}3.10^{-6}} = 13{,}5 \text{ V}$$

Scarica i tre condensatori e collegali come in figura 1-13 a.
Collega i condensatori alla batteria, ed effettua la misura come illustrato in fig. 1-13 b. I condensatori C2 e C3 sono posti in parallelo e formano per tanto un solo condensatore avente capacità $C2+C3=100.10^{-6}+100.10^{-6}=200.10^{-6}$ FARAD. Questa capacità è posta in serie con C1, sicchè agli estremi di

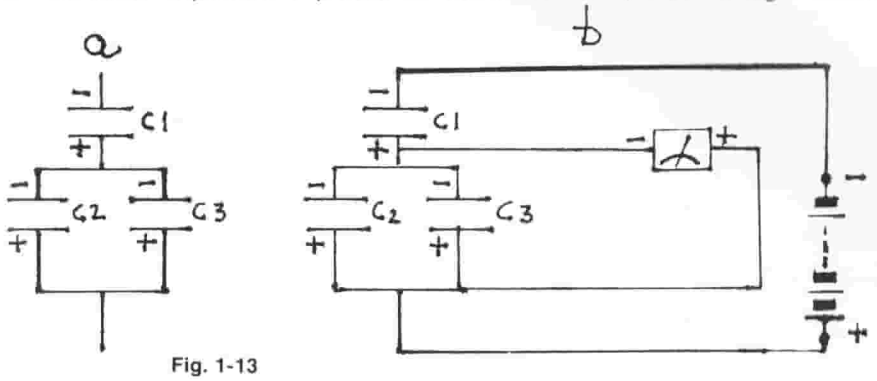


Fig. 1-13

questa serie avremo una capacità=

$$= \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{2+C3}}}$$

ossia:

$$\frac{1}{\frac{1}{100\cdot10^{-6}} + \frac{1}{200\cdot10^{-6}}} = \frac{1}{0{,}01\cdot10^{-6} + 0{,}005\cdot10^{-6}} = \frac{1}{0{,}015\cdot10^{-6}} ;$$

$= 66{,}6\cdot10^{-6} = 66{,}6\,\mu$F

Questa capacità complessiva, collegata ai 4,5 V della batteria si carica per $Q=C\cdot V = 66{,}6\cdot10^{-6}.4{,}5 = 299{,}7\cdot10^{-6}$ *Coulomb.*
Ai capi del parallelo C1 + C2 avremo per tanto una tensione

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{299{,}7\cdot10^{-6}}{200\cdot10^{-6}} = 1{,}498 \text{ V}$$

mentre ai capi di C1 avremo una tensione

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{299{,}7\cdot10^{-6}}{100\cdot10^{-6}} = 2{,}997 \text{ V}$$

tali tensioni possono venire misurate approssimativamente col tester deposto per la misura "Volt" e si potrà notare come la loro somma coincida infatti con la tensione della batteria di 4,5 Volt.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 1

1-1 Un condensatore di capacità 1000 μF, se caricato con una tensione di 100 Volt, quale carica assume?
(ricordati Q= C•V)

1-2 Un condensatore di capacità 100 μF viene caricato con una tensione di 100 Volt, quindi collegato ad un altro condensatore scarico da 100 μF; quale tensione si misurerà ai suoi estremi?

1-3 Quale capacità complessiva si avrà collegando in parallelo 5 condensatori da 50 μF ciascuno?

1-4 Quale capacità complessiva si avrà collegando in serie 3 condensatori da 60 μF ciascuno?

1-5 Quale capacità complessiva si avrà collegando in serie un condensatore da 100 μF ed un condensatore da 20 μF?

RISPOSTE

1-1 0,1 Coulomb
1-2 50 Volt
1-3 250 μF
1-4 20 μF
1-5 16,6 μF

YAESU FT-1000

IL MEGLIO DELLE PRESTAZIONI !

Risultato di tre anni di ricerca tesa alla realizzazione di un apparato dalle caratteristiche superiori, operativamente funzionale con una versatilità eccezionale!
Costituisce l'apparato ideale per l'elite degli operatori dedicati al DX ed ai Contest.
Progetto avanzato che presenta le seguenti caratteristiche:

- Largo uso della miniaturizzazione mediante il montaggio superficiale
- Due sintetizzatori DDS a 10 bit e 3 da 8 bit i quali assicurano rapidi agganci con basso rumore intrinseco
- Notevole potenza RF: da 20 a 200W regolabili con continuità
- Ricezione contemporanea su due frequenze significa:
  - La possibilità di ricevere con diversità di frequenza, polarizzazione e di spazio;
  - Operare su una gamma monitorando l'apertura di un'altra
- Registrazione continua degli ultimi 16 secondi di ricezione. Nominativi mal compresi potranno essere comodamente decodificati
- Accordatore automatico con 39 memorie dedicate alla registrazione degli accordi più in uso
- Reiezione efficace del QRM con un vasto assortimento di filtri, selettività e spostamento della F.I.; filtro di Notch, Squelch con tutti i modi operativi e circuiti N.B. con caratteristiche diverse. Filtro audio di picco
- 108 dB di dinamica con una varietà di comode funzioni da provare ed assimilare

Filtri opzionali per la conversione a 455 kHz

XF-C (*)	Filtro SSB 2.4 kHz
XF-D	Filtro SSB 2.0 kHz
XF-E (*)	Filtro CW, RTTY 500 Hz
XF-F	Filtro CW, RTTY 250 Hz
XF-455MC	Sub-receiver CW, RTTY 600 Hz

Non dilazionate una dimostrazione dal rivenditore YAESU più vicino!

YAESU

marcucci S.p.A.

Uffici: Via Rivoltana n. 4 Km. 8,5-Vignate (MI)
Tel. 02/95360445 - Fax 02/95360449
Show-room: Via F.lli Bronzetti, 37-Milano
Tel. 02/7386051

CAPITOLO 2 ▸ **Differenza di potenziale e forza elettromotrice. Unità di misura della forza elettromotrice.**
▸ **Resistenza elettrica**
▸ **Corrente continua e unità di misura della corrente**
▸ **Legge di ohm**
▸ **Esperimenti. Il Watt e gli effetti della corrente elettrica**
▸ **Esercizi sul 2° capitolo**

DIFFERENZA DI POTENZIALE E FORZA ELETTROMOTRICE

Abbiamo constatato come la differenza di potenziale possa verificarsi fra le armature di un condensatore per effetto della carica in esso accumulata e come essa dipenda direttamente dalla quantità di carica accumulata e inversamente dalla capacità del condensatore. Più esattamente abbiamo constatato come la differenza di potenziale di 1 Volt sia quella tensione che si forma agli estremi di un condensatore da 1 FARAD che abbia accumulata la carica di 1 Coulomb, secondo la formula

$$V = \frac{Q}{C}$$

Quanto abbiamo fin qui esposto è stato visto esclusivamente in regime statico, ossia una certa carica (quantità di elettroni sotratti ai loro atomi) e gli effetti di tale carica su dei conduttori isolati e sull'isolante fra essi interposto. Esistono tuttavia vari mezzi per generare una differenza di potenziale costante, si può cioè creare una differenza di potenziale per effetto chimico o elettromagnetico, come vedremo in seguito, **costante.**
Tale differenza di potenziale, misurata ai capi del generatore che la produce sia esso una dinamo, una batteria od altro, viene chiamata forza elettromotrice, (abbreviazione usata f. e m) e si misura sempre in Volt. Se prendi la batteria usata per l'esperimento e la colleghi al tester, misurerai appunto una f. e m di 4,5 Volt, e il Volt resta dunque l'unità di misura di qualsiasi tensione, ossia della differenza di potenziale esistente fra due punti, sia nello spazio che fra un conduttore e lo spazio, come fra due conduttori o fra due punti del medesimo conduttore. La f. e m. è dunque la tensione che si può misurare ai poli di qualsiasi generatore.

RESISTENZA ELETTRICA

Se alla tua batteria da 4,5 Volt colleghi una lampadina da torcia elettrica, vedrai la lampadina accendersi. L'illuminazione da parte della lampada non è che l'effetto del passaggio in essa degli elettroni, che dal polo negativo transitano a quello positivo. L'acqua che scorre in un tubo trova una certa

resistenza al suo passaggio tanto maggiore quanto più piccolo è il tubo. Analogamente anche un conduttore presenta una certa resistenza al passaggio degli elettroni che è tanto maggiore quanto più piccolo è il conduttore ma che varia anche a seconda della qualità del conduttore stesso e del materiale da cui è composto. Abbiamo visto infatti che le strutture atomiche dei vari materiali possono essere di diverso tipo e mentre alcune lasciano una certa libertà agli elettroni orbitanti, altre li tengono saldamente vincolati (isolanti).

L'opposizione che un materiale presenta al passaggio degli elettroni si chiama RESISTIVITA' e non solo varia da materiale a materiale ma è anche influenzata dalla temperatura alla quale il materiale si trova.

La tua lampadina presenta comunque una certa **resistenza** al passaggio degli elettroni, determinata dalle resistività del suo filamento; gli elettroni transitando in essa la riscaldano fino a portare all'incandescenza il suo filamento e farne sprigionare la luce.

Se attraverso la tua lampadina transitassero ad esempio, **ogni secondo** un numero di elettroni pari alla carica che forma 1 Coulomb, ossia se nella lampadina transitassero $6{,}25 \cdot 10^{18}$ elettroni ogni secondo, diremmo che nella lampada scorre la corrente di 1 AMPERE.

L'ampere è dunque l'unità di misura della corrente elettrica e si definisce come la corrente che scorre in un conduttore quando nella sua sezione transitano un numero di elettroni pari ad 1 Coulomb, **ogni secondo.**

Poichè tale corrente scorre sempre nel medesimo senso, la chiameremo **corrente continua,** e vedremo in seguito come il medesimo effetto termico sulla lampadina potrebbe verificarsi anche invertendo nel tempo il senso della corrente (corrente alternata), il che viene utile per sfruttare certi fenomeni che esamineremo più avanti.

La lampadina "RESISTE" al passaggio degli elettroni che tuttavia scorrono in essa; abbiamo dunque una corrente che attraversa una resistenza e l'effetto che puoi rilevarne è nell'accensione della lampadina.

Ma la maggior parte delle resistenze non si accendono e l'effetto che la corrente vi produce è soltanto un loro aumento di temperatura (effetto Joule) che comunque sempre si verifica quando gli elettroni vi transitano, anche se non sempre riuscirai ad avvertirlo fisicamente.

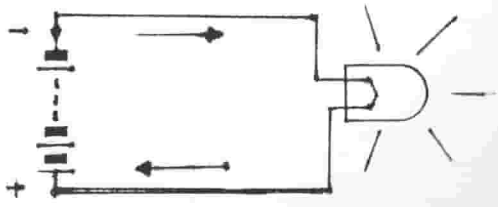


Fig. 2-1 la corrente elettrica.

Se transitano ogni secondo $6{,}25 \cdot 10^{18}$ elettroni (1 Coulomb) abbiamo la corrente di 1 AMPERE

Anche per la resistenza è stata scelta un'unità di misura, chiamata ohm (simbolo Ω), in memoria del celebre fisico Tedesco, ed è stato definito **l'ohm, come quel valore di resistenza che sottoposto alle tensione di 1 Volt, consente il transito alla corrente di 1 ampere.**
In altre parole se tu disponessi di una resistenza da un ohm e la collegassi ad una grossa batteria da un Volt, potresti teoricamente contare $6{,}25.10^{18}$ (1 Coulomb) elettroni transitare ogni secondo in un punto qualsiasi della sua sezione!!!
Abbiamo già detto che il rame è uno dei metalli aventi bassa resistività, ed è per questo che lo si trova impiegato come conduttore elettrico in ogni applicazione. Se tu prendessi un filo di rame di un certo diametro e lungo tanto da presentare ai suoi estremi la resistenza di 1 ohm, potresti verificare che un analogo filo di alluminio presenterebbe la stessa resistenza per una lunghezza inferiore di 1,6 volte uno di ottone per circa 4 volte, uno d'acciaio per circa 10 volte, soltanto un filo d'argento risulterebbe più lungo per 0,94 volte, difatti l'argento è uno fra i rari metalli che presenti conduttività migliore, ossia minore resistività rispetto al rame.

Materiali a media ed alta resistività vengono impiegati nella costruzione di resistenze fra i quali vanno segnalati le mangonina, e il carbone o composti chimici di svariato tipo. Va anche ricordato che una resistenza non è caratterizzata solo dal suo puro valore resistivo, ma anche da altre importanti caratteristiche fra le quali:
- **precisione** (generalmente entro il 20% o 10% del valore nominale in ohm);
- **stabilità termica** (variazione del valore ohm in funzione della temperatura);
- **comportamento alle alte frequenze** (induttanza e capacità intrinseche).

E soprattutto:

- **potenza massima disponibile** (ossia il prodotto volt x ampere = watt che la resistenza può sopportare senza guastarsi, che è generalmente legato alle stesse dimensioni fisiche della resistenza).

LEGGE DI OHM

Hai ormai visto che una resistenza di 1 ohm è definita come quella resistenza che sottoposta alla tensione di 1 Volt è percorsa dalla corrente di 1 ampere. Ciò è stato provato dall'illustre tedesco Ohm e da lui espresso nella celebre formula, a base della sua legge, che rimane il fondamento di tutta l'elettrotecnica

$$R = \frac{E}{I}$$

La resistenza è quindi semplicemente data dal rapporto fra la tensione ad essa applicata e la corrente che in essa scorre.
Sempre dalla medesima formula potremmo anche constatare

$$E = I \times R \quad \text{oppure} \quad I = \frac{E}{R}$$

non ti devi illudere che tali formule, così semplici nella loro stesura, siano di facile interpretazione. Ti basti pensare che quando Ohm le enunciò per la prima volta ad un consesso di scienziati a Berlino, venne quasi deriso, il che dimostra che le cose semplici sono sempre le più difficili da comprendere.

ESPERIMENTI 2

Sarà molto utile, per verificare la legge di ohm,qualche semplice esperimento pratico.
Dovresti procurarti, se già disponi del tester e della piletta da 4,5 Volt, i seguenti componenti:

a) una resistenza da 1000 Ω 1/2 Watt che contrassegnerai con R1
b) una resistenza da 3000 Ω 1/2 Watt che contrassegnerai con R2
c) una resistenza da 5000 Ω 1/2 Watt che contrassegnerai con R3
d) una resistenza da 10 Ω 2 Watt che contrassegnerai con R4

le resistenze potranno anche avere valori leggermente diversi e reggere potenze maggiori da quelle indicate, ma i conti alla fine dovranno tornare con la sequenza di operazioni che ora esporremo.

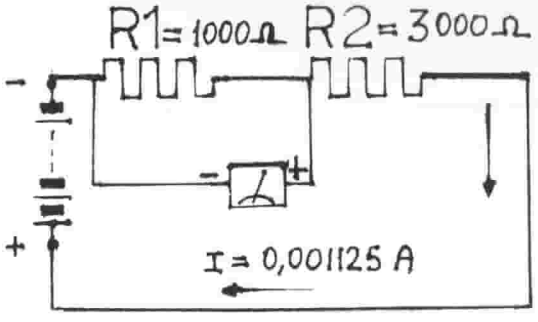


Fig. 2-2

Collega la batteria alla serie di resistenze composta da R1 +R2, come in fig. 2-2 quindi effettua la misura della tensione che si determina agli estremi di R1. Essendo le resistenze poste in serie esse presentano una resistenza totale

$R_{TOT} = R1 + R2 = 1000 + 3000 = 4000\,\Omega$

Quindi, poichè noi applichiamo alla batteria una resistenza di 4000 Ω, possiamo calcolare che la corrente che scorre nel circuito, per la legge di ohm sarà

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4,5}{4000} = 0,001125 \text{ A}$$

ai capi di R1 si troverà, sempre applicando la legge di ohm, una tensione paria a V= R·I ossia V= 1000·0,001125 = 1,125 Volt.
- Anche la R2 è percorsa, essendo in serie, dalla stessa corrente di R1, e poichè R2 ha una resistenza di 3000 Ω, ai suoi capi potremo misurare una V= R·I ossia V= 3000·0,001125 = 3,375 Volt.
Possiamo verificare che la somma delle due tensioni misurate corrisponde alla tensione della batteria: 1,125 + 3,375 = 4,5 Volt.

NOTA: **In tutte le figure il senso della corrente è indicato rivolto dal positivo verso il negativo. Questa è solo una convenzione, anche se in realtà il flusso elettronico si svolge in senso contrario, dal negativo verso il positivo.**

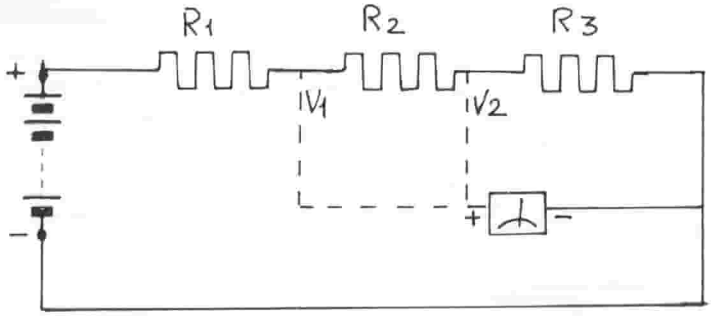


fig. 2-3

Collega ora le tre resistenze R1, R2, R3, in serie fra loro e quindi alla batteria, come illustrato in fig. 2-3.
La serie di R1+R2+R3 = 1000 + 3000 + 5000, forma una resistenza totale di 9000 Ω, che applicata alla batteria verrà percorsa da una corrente =:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4,5}{9000} = 0,0005 \text{ A}$$

che potremmo anche chiamare 0,5 milliampere, oppure $0,5 \cdot 10^{3}$ ampere.
Se misuri la tensione ai capi di R3 troverai il valore V2=R3•I=5000x0,0005=2,5V
Se misuri la tensione ai capi R3+R2 poste in serie troverai un valore V1= (R3+R2)xI = (5000 + 3000) x 0,0005 = 8000x0,0005= 4 Volt, e il medesimo valore troveresti sommando la tensione ai capi di R3, ossia 2,5 Volt a quella ai capi di R2 data da R2·I= 3000·0,0005= 1,5 V.

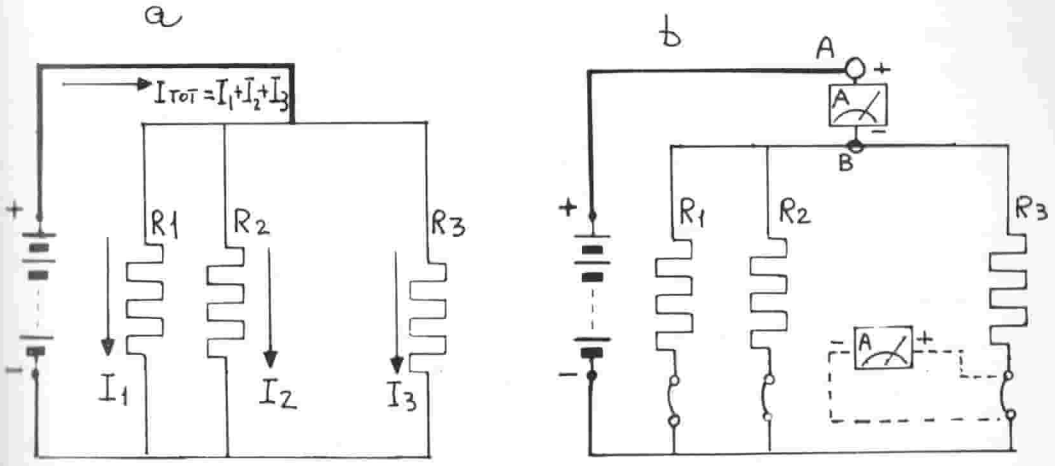


Fig. 2-4

Collega le resistenze R1, R2, R3 come in fig. 2-4 a; tale configurazione si chiama parallelo, poichè ciascuna resistenza è percorsa da una propria corrente. Infatti i 4,5 della batteria sono contemporaneamente applicati a ciascuna resistenza che verrà percorsa da una corrente data dalla solita formula di ohm:

$$I = \frac{V}{R}$$

Pertanto avremo in R1, una $I1 = \frac{V}{R1} = \frac{4,5}{1000} = 0,0045$ A

avremo in R2 una $I2 = \frac{V}{R2} = \frac{4,5}{3000} = 0,0015$ A

avremo in R3, una $I3 = \frac{V}{R3} = \frac{4,5}{5000} = 0,0009$ A

ovviamente la batteria dovrà erogare la somma di queste tre correnti I1, I2, I3, sicchè la corrente totale, erogata dalla batteria sarà

$I1 + I2 + I3 = 0{,}0045+0{,}0015+O{,}0009 = 0{,}0069$ A

Sempre applicando la legge di ohm $R = \frac{V}{I}$

potremmo calcolare che poichè abbiamo una corrente complessiva I_{TOT}= 0,0069A, alla batteria è applicata una resistenza complessiva di

$$R = \frac{V}{I_{TOT}} = \frac{4{,}5}{0{,}0069} = 652{,}2\ \Omega$$

abbiamo così constatato che le nostre tre resistenze, poste in parallelo, formano una resistenza complessiva di 652,2 Ω.

Difatti per calcolare un parallelo di resistenze si ricorre all'espediente di fingere d'applicare a ciascuna di esse la tensione di un Volt, in modo da ottenere le singole correnti. Dividendo poi la tensione di un Volt per la somma delle singole correnti, per la formula:

$$R = \frac{V}{I}$$

avremo le resistenza complessiva.
Infatti se provi

$$\frac{1}{\frac{1}{R1}+\frac{1}{R2}+\frac{1}{R3}+---} = \frac{1}{0{,}001 + 0{,}0003333 + 0{,}0002} =$$

$$= \frac{1}{0{,}00153333} = 652{,}2\ \Omega$$

A questo punto faresti bene ad usare il tester nella sua funzione di milliamperometro. come illustrato in fig. 2-4 b; verificherai che la somma delle correnti che troverai in ogni singola resistenza corrisponderà alla corrente totale misurata fra i punti A e B.

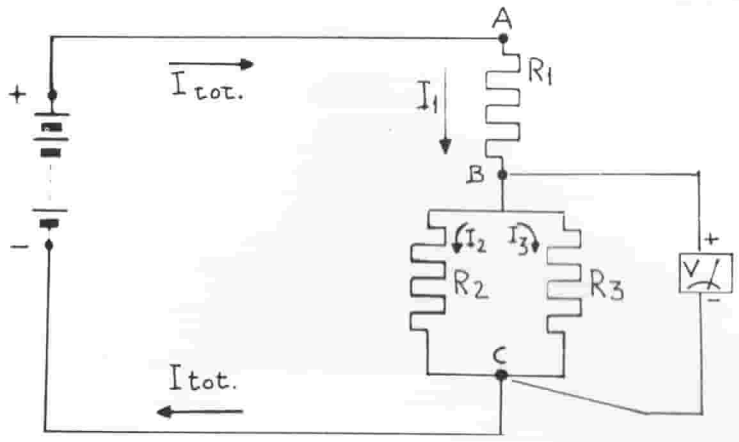


Fig. 2-5

Realizzando lo schema di fig. 2-5, avrai formato un circuito detto combinazione Serie-parallelo. Infatti le R2 è in parallelo con la R3, e questo parallelo è in Serie con la R1. In questa configurazione è chiaro che tutta la corrente erogata dalla batteria viene ad attraversare R1, dividendosi poi nelle due correnti I2, I3 che attraversano le rispettive resistenze R2, R3.
Cominciamo pertanto a calcolare la resistenza ai capi del parallelo R2, R3 come se fossero staccate dal circuito:

$$R_{BC} = \frac{1}{\frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}} = \frac{1}{0{,}000333 + 0{,}0002} = \frac{1}{0{,}000533} = 1876{,}2\ \Omega$$

Tale resistenza va poi sommata alla R1 che è posta in serie ad essa ed otterremo così la resistenza complessiva R_{AC} data da $R_{AB} + R_{BC} =$
$= 1000 + 1876{,}2 = 2876{,}2$ ohm. Alla batteria da 4,5 Volt viene dunque applicata una resistenza complessiva di 2876,2 ohm. la corrente che la batteria eroga sarà per tanto $I_{TOT} =$

$$\frac{V}{R} = \frac{4{,}5}{2876{,}2} = 0{,}001564\ A$$

(potremmo anche scrivere $1{,}564 \cdot 10^{-3}$ A).

Tale corrente attraversando R1, produce una caduta di tensione
$V_{AB} = R1 \cdot I_{TOT} = 1000 \cdot 0\ 001564 = 1{,}564$ Volt, se sottraggo alla tensione della batteria questo valore, troverò la tensione ai capi del parallelo R2, R3 ossia
$V_{BC} = V_B - V_{AB} = 2{,}936$ Volt.
Analogamente potremmo dire che R2 è sottoposto alla tensione di 2,936 V,

per tanto in essa circola una corrente

$$I2 = \frac{V_{BC}}{R2} = \frac{2{,}936}{3000} = 0{,}000978 \text{ A}$$

mentre in R3 circola una corrente

$$I3 = \frac{V_{BC}}{R3} = \frac{2{,}936}{5000} = 0{,}0005872 \text{ A}$$

e possiamo verificare che la somma di I2 e I3 corrisponde ancora alla corrente totale I_{TOT}, oltre che verificare che $V_{BC} = R_{BC} \times (I2+I3) = 1876{,}2 \times (0{,}000978+0{,}0005872) = 1876{,}2 \times 1{,}564 = 2{,}936$ Volt, approssimativamente misurabili col Tester.

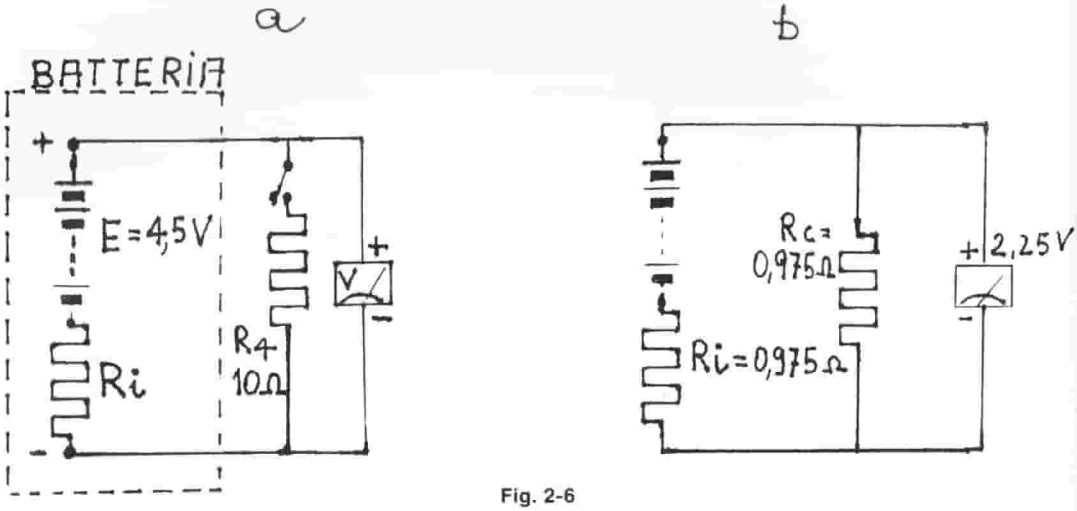


Fig. 2-6

Se colleghi la resistenza R4 direttamente alla batteria, noterai una diminuzione di tensione ai capi della stessa batteria, che dipende dallo stato di carica della batteria stessa. In altre parole, non troverai più 4,5 V ma una tensione inferiore.

Cosa è successo?

Noterai che in fig. 2-6 a abbiamo rappresentato la batteria con una resistenza in serie, chiamata R_i, ossia resistenza interna, infatti anche la batteria, come qualsiasi altro elemento, presenta una propria resistenza interna, che si comporta come una resistenza posta ad essa in serie. Se il valore di questa resistenza interna è molto piccolo, trascurabile rispetto al valore resistivo esterno, la sua influenza, nei nostri calcoli è inaprezzabile, ma se la resistenza che noi applichiamo alla batteria è molto bassa, bisognerà tenerne conto. Supponiamo infatti che tu, effettuando la misura in Volt sulla batteria staccata riscontri esattamente 4,5 Volt, mentre applicando alla batteria la R4

questa tensione cali a 4,1 Volt. Ciò significa che il passaggio di corrente in R_i, che è identico a quello in R4, produce una caduta di tensione di 0,4 Volt! Poichè la I_{TOT}=

$$\frac{V}{R4} = \frac{4,1}{10} = 0,41 \text{ A}$$

possiamo dire che questi 0,41 Ampere, producendo una caduta di tensione di 0,4 Volt, significa che attraversano una

$$R_i = \frac{V}{I} = \frac{0,4}{0,41} = 0,975 \ \Omega$$

Se chiamiamo E la tensione della batteria staccata dal circuito, sempre espressa in Volt, mentre chiamiamo con V tutte le altre tensioni, possiamo generalizzare la legge di ohm affermando che $E = (I_{TOT} \cdot R_c) + (I_{TOT} \cdot R_i)$ ossia la forza elettromatrice della batteria (E) come quella di qualunque generatore, corrisponde alla somma della caduta di tensioni del carico e della resistenza interna alla batteria.
Nel caso che abbiamo ora ipotizzato, avendo constatato che la batteria presenta una sua resistenza interna di R_i= 0,975 ohm, potremmo verificare che applicandovi una resistenza di pari valore la tensione della batteria risulterebbe dimezzata, poichè metà tensione cadrebbe all'interno della stessa batteria.
Infatti calcolando dalla figura 2-6b, poichè la E, di 4,5 Volt viene applicata alla serie di resistenze R_c (Resistenza di carico) + R_i ossia a 0,975 + 0,975 = 1,95Ω avremmo una circolazione di corrente I :

$$I_{TOT} = \frac{E}{R_{TOT}} = \frac{4,5}{1,95} = 2,307 \text{ A}$$

Tale corrente produrrebbe nella resistenza di carico esterna R_c una tensione pari a $I.R_c = 2,25$ Volt;tale tensione potremmo appunto misurare ai suoi capi, mentre ci sarebbe impossibile misurare direttamente la tensione ai capi della R_i essendo intrinseca alla stessa batteria. Ovviamente in tale ipotesi la batteria verrebbe a scaricarsi velocemente per l'eccessiva erogazione di corrente.
Va pure notato che una batteria scarica presenta una resistenza interna più alta rispetto a quella che presenterebbe da carica, ecco il perchè della minor resa offerta dalla batteria in via d'esaurimento dovuta all'effetto della accresciuta resistenza interna che provoca una maggior caduta di tensione entro la stessa batteria e conseguentemente una minor tensione disponibile sul carico esterno.

LA MASSIMA POTENZA

L'esempio che abbiamo esaminato ci porta ad una importante considerazione: la massima potenza ottenibile da UN generatore (batteria, dinamo, alternatore etc.) si verifica quando gli viene applicato un carico di resistenza euguale alla sua resistenza interna, **ossia quando la sua tensione a vuoto (E) viene a dimezzarsi.**

Puoi verificare infatti che con la R_c dell'esempio relativo alla figura 2-6b, otteresti una potenza effettiva di W=V•I=5,2 Watt, e tale potenza non potrai superare mutando il valore di R_c con altri valori per i quali otterresti tensioni o correnti più elevate, ma il prodotto delle quali rimarrebbe comunque inferiore ai 5,2 Watt, che produrranno di fatto il massimo sviluppo di calore nella R_c.

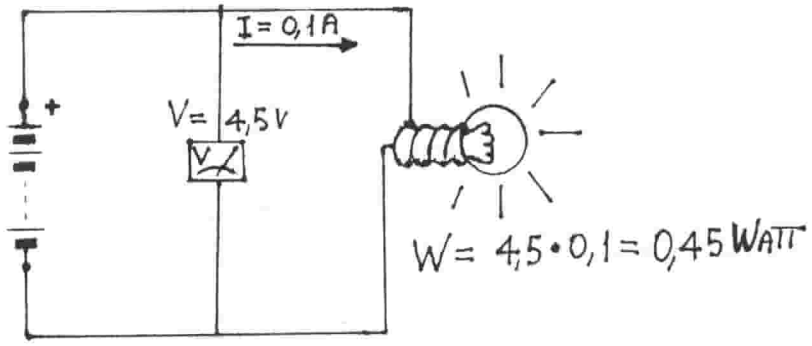


Fig. 2-7

IL WATT

Quando tu colleghi una lampadinetta alla tua batteria, la lampadina si accende e si riscalda, e anche se tu collegassi alla batteria una qualsiasi resistenza quest'ultima si riscalderebbe, anche se la differenza di temperatura non ti verrebbe facilmente rivelata al semplice tatto. Comunque è evidente che la corrente elettrica può venir trasformata in un certo lavoro sia esso produzione di calore, di luce, di moto. Ti è senza dubbio noto che un qualsiasi motore è caratterizzato da una certa potenza misurata in cavalli vapore (HP) ossia nel lavoro che quel motore puo' compiere in un dato tempo.

Analogamente la tua piletta collegata ad una resistenza puo' riscaldala sí da elevarla ad una certa temperatura: possiamo anche in questo caso dire che è stato compiuto un certo **lavoro** dalla corrente elettrica.

Se per ipotesi la tua piletta, collegata alla lampada erogasse la corrente di 0,1 Ampere, con la tensione di 4,5 Volt, il lavoro effettuato sarebbe 4,5•0,1=0,45 Watt per ogni secondo.

Il Watt sono dunque dati dal prodotto della corrente per la tensione ossia

$$W = I \cdot V$$

e in questa formula fondamentale, possiamo inserire la legge di ohm per ogni altro parametro. Infatti poichè la $V = R \cdot I$ potremmo dire

$$W = I \cdot R \cdot I \text{ ossia } W = I^2 \cdot R$$

o anche, sapendo dalla legge di ohm che la $I = \frac{V}{R}$

potremmo scrivere $W = \frac{V \cdot V}{R}$ ossia $W = \frac{V^2}{R}$

Una qualunque resistenza viene attraversata da una corrente proporzionale alla tensione applicatale, nel caso di una resistenza da 1Ω' sottoposta alla tensione di 1 Volt, la corrente risulterebbe 1A, quindi 1Ax1V=1W. Tale resistenza dissiperebbe calore per 1 Watt e se le sue dimensioni fossero troppo piccole per smaltire adeguatamente tale calore, essa verrebbe a danneggiarsi per sovrariscaldamento, mentre potrebbe senza alcuna variazione venire impiegata una resistenza di grandi dimensioni, fatta per dissipare diversi Watt.

Le resistenze usualmente impiegate in radiotecnica sono di valori standard 0,25 W; 0,5 W; 1W; 2W; 5W; 10W; da diversi anni è prevalso poi l'uso di indicarne il valore ohmico mediante dei colori, tale sistema presenta il vantaggio di rendere possibile la lettura ohmica di un resistore montato sul circuito qualunque sia la sua posizione.

Il Watt, prodotto di Vxl, è dunque l'unità di misura della potenza elettrica consumata, prodotta, utilizzabile o utilizzata e non devi scordare che esso, come l'Ampere è legato al secondo, sicchè la lampadinetta dell'esempio in fig. 2-7, dissiperà i suoi 0,45 Watt. **ogni secondo.**

Se, colleghi un ferro da stiro, dalla potenza di 1000 Watt, alla rete luce, dopo un ora il contatore d'energia dell'azienda elettrica avrà conteggiato non 1000 Watt, ma 1000 Watt/ora, il famoso Kw/h, unità di misura per le spese d'energia.

Stesso conteggio sarebbe avvenuto nel caso tu avessi collegato due ferri da stiro da 1000 Watt ciascuno per 1/2 ora, oppure un ferro da stiro da 500 Watt per due ore. In altre parole un Kw/h corrisponde al consumo effettivo di 1000 Watt per tutti i secondi contenuti in un'ora ossia 1000x3600= 3.600.000 Watt! Quando si parla di Watt, bisogna quindi riferisi sempre al tempo di 1 secondo.

Esistono varie relazioni fra i Watt elettrico e la potenza meccanica, la più importante riguarda i cavalli vapore (HP). Un HP corrisponde infatti a 736 Watt. ovviamente ciò non significa che un motore elettrico che assorba 736 W fornisca l'effettiva potenza meccanica di 1 HP, poichè parte dei 736 Watt assorbiti verrebbero dissipati in calore e in attriti. Questo principio vale per qualsiasi utilizzatore elettrico e il rapporto fra la potenza resa e quella consumata si chiama **rendimento.**

Il rendimento non può essere mai eguale ad 1; se prendiamo ad esempio un trasmettitore in grado di fornire una potenza a radiofrequenza di 100 Watt e riscontriamo che esso assorbe d'alimentazione una potenza di 250 Watt

possiamo calcolare che il suo rendimento è rendimento =

$$= \frac{\text{Watt resi}}{\text{Watt assorbiti}} = \frac{100}{250} = 0{,}4$$

e diremo appunto che il nostro trasmettitore ha un rendimento pari a 0,4.

La componentistica passiva; da sinistra a destra vediamo nell'ordine: condensatore ceramico; condensatore elettrolitico; condensatore variabile, condensatore a carta; resistenza variabile (potenziometro); induttanza (bobina); resistenza fissa; al centro il tester (multimetro) per misurare i principali parametri elettrici.

CENNI SULLE LEGGI DI KIRCHHOFF E SUI PRINCIPI DI THEVENIN

Anche se questo argomento non è previsto dal programma ministeriale, riteniamo di grande interesse per chi tratti il campo dell'elettrotecnica qualche cenno sui principi espressi da Kirchhoff di valore puramente teorico, e dal più pratico Thevenin, che si rivela talvolta più utile per la reale soluzione di calcoli relativi a reti elettriche complesse.
Mentre ricordiamo ancora che la legge di Ohm è sufficiente per risolvere la maggior parte dei problemi relativi alle disposizioni circuitali di resistenze in serie o in parallelo, non possiamo trascurare che alcune disposizioni circuitali, invero di rarissima realizzazione, sono risolvibili solo ricorrendo ai principi enunciati da questi grandi studiosi.
Se ad esempio consideriamo il circuito di fig. 2-8 e desideriamo calcolare il valore resistivo fra i punti A e B, intuiamo subito come il problema non sia di semplice soluzione!

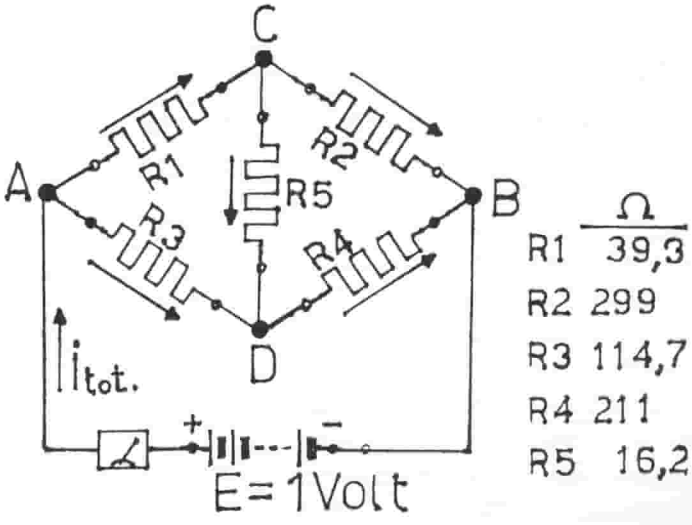


Fig. 2-8

Sarebbe infatti semplice calcolare il valore resistivo fra i punti C e D, dato che le resistenze R1+R3 ed R2+R4 sono in semplice parallelo alla R5, ma il valore resistivo fra A e B non ci consente semplici calcoli di "serie" o "parallelo", per cui risulterà molto più pratico, direbbe giustamente qualcuno, misurare con un buon tester il valore ed evitarci ogni calcolo! Tuttavia merita addentrarci in qualche considerazione teorica, cominciando dalla

1ª LEGGE DI KIRCHHOFF:

"La somma algebrica delle correnti che passano per uno stesso nodo è nulla".
La legge è di facile intuizione: se consideriamo ad esempio il punto A della nostra fig. 2-8, possiamo constatare che la corrente in arrivo dal polo positivo della pila si riparte fra la corrente in R1 e la corrente in R3; se contrassegnamo con il simbolo + la corrente in arrivo al punto A e con il simbolo - le correnti che si dipartono dallo stesso punto calcoleremo facilmente che la sommatoria darà zero.

MENO INTUIBILE PERO' È LA 2ª LEGGE:

"In una qualsiasi maglia chiusa di un circuito comunque complesso, la somma algebrica delle tensioni ai capi di ciascuna resistenza è eguale alla somma algebrica delle tensioni di batterie o generatori inseriti nella maglia chiusa, indipendentemente da ogni altro circuito collegato".
Se infatti consideriamo il circuito chiuso fra i punti A - D - C - B - A della nostra fig. 2-8 potremo facilmente con un voltmetro verificare che la somma algebrica delle tensioni misurate ai capi di R3 - R5 - R2 corrisponde alla tensione della batteria (1V), mentre se consideriamo il circuito chiuso fra i punti A - D - C - A scopriremmo che la somma algebrica delle tensioni misurate ai capi di R3 - R5 - R1 ci darà valore zero, non essendovi nè batterie nè generatori inseriti in circuito.
L'enunciazione del buon Kirchhoff, di grande valore sul piano teorico, ci lascia insoddisfatti su quello pratico: come possiamo calcolare il valore resistivo totale fra i punti A - B del nostro circuito?
Ci viene fortunatamente in aiuto il Thevenin, con il suo celeberrimo principio:
"Una rete elettrica considerata fra due suoi punti **è equivalente ad un generatore** avente una forza elettromotrice eguale alla tensione fra i punti considerati, quando sia staccata la rimanente parte della rete. Questo generatore avrà una resistenza interna eguale a quella che si vede fra gli stessi punti, considerando cortocircuitati i generatori di tensione inseriti nella rete".
Applicando tale principio al nostro circuito, possiamo "scollegare" teoricamente la resistenza R5 e quindi calcolare facilmente la tensione che avremo, in sua assenza, fra i punti C - D: il calcolo ci dirà che tale tensione è = - 0,236 V!
Fingeremo ora di disporre di un generatore con f.e.m. = -0,236 V avente una resistenza interna, così come vista fra i punti C - D, e con i punti A - B (batteria) cortocircuitati. Tale resistenza risulterà dal calcolo di 109,04 Ohm.
Infine possiamo applicare la R5 al nostro generatore da 0,236 V e resistenza interna 109,04 Ohm e trovare la corrente che scorre nella R5, nonché ovviamente l'effettiva tensione fra i punti C - D ove è collegata!
Il calcolo ci dirà che la corrente in R5 è di 0,00188A e la tensione ai suoi estremi di 0,03069 V.
Possiamo ora, con il medesimo procedimento, fingere di scollegare ogni altra resistenza del circuito e calcolare la corrente che in essa scorre, nonché la tensione

ai suoi estremi. Sarà quindi facile, calcolate le correnti in ogni singola resistenza, calcolare anche la resistenza complessiva, usando la legge di Ohm.
Vogliamo cimentarci nel calcolo complessivo sul nostro circuito di fig. 2-8?
Cominciamo allora con il fingere scollegata la resistenza R5 e, in tale condizione andiamo a scoprire, usando la legge di Ohm, la tensione V_{CD}:

$$V_{AC} = 1 - \left[\left(\frac{1}{R_1+R_2}\right) \cdot R_1\right] = 0{,}8838309 \text{ V}$$

$$V_{AD} = 1 - \left[\left(\frac{1}{R_3+R_4}\right) \cdot R_3\right] = 0{,}6478354 \text{ V}$$

$$V_{CD} = V_{AC} - V_{AD} = 0{,}236 \text{ V}$$

Ci dice ora Thevenin che al nostro generatore da 0,236 V dobbiamo considerare una resistenza interna pari a quella "vista" fra i punti CD, con la batteria cortocircuitata: osservando lo schema vediamo che tale resistenza è data dalla somma fra il parallelo R_1, R_2 e il parallelo R_3, R_4 - effettuando il semplice calcolo scopriamo che tale resistenza è di 109,04155 Ohm.
Otteniamo dunque un generatore di f.e.m. 0,236 V con una resistenza interna R_i = 109,04155 ohm, **al quale applicare la R_5 del circuito.**

$$I_5 = \frac{V_{CD}}{R_i+R_5} = 0{,}0018828 \text{ A}$$

$$V_{CD} = I_5 \cdot R_5 = 0{,}03069 \text{V}$$

Scoperta così la corrente I5 del circuito completo, passiamo con analogo procedimento a scoprire la corrente I1, fingendo di sconnettere dal circuito la rispettiva resistenza R_1; cominceremo a calcolare la V_{AD}:

$$V_{AD} = \left[\frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5+R_2}} + R_3} \cdot R_3\right] = 0{,}475753 \text{ V}$$

$$V_{DC} = \left(\frac{1 - V_{AD}}{R_5+R_2}\right) \cdot R_5 = 0{,}0269441 \text{ V}$$

$$V_{AC} = V_{AD} + V_{DC} = 0{,}5026971 \text{ V}$$

Ancora considereremo la tensione V_{AC} come un generatore con resistenza in

serie "vista" fra gli stessi punti V_{AC}, cortocircuitando la batteria (punti A - B) in cortocircuito. Tale Ri ci risulterà essere dal calcolo serie - parallelo = 69,4724 Ohm.
Al nostro generatore di 0,5026971 V con Ri = 69,4724 Ohm colleghiamo dunque la resistenza R_1, per scoprire l'effettiva corrente che in essa scorre, e l'effettiva tensione si suoi capi:

$$I_1 = \frac{V_{AC}}{Ri+R_1} = 0{,}004674 \text{ A}$$

$$V_1 = I_1 \cdot R_1 = 0{,}18369 \text{ V} = V_{AC}$$

Tutto è ormai risolto!
Potremmo infatti continuare i nostri calcoli, fingendo di staccare di volta in volta le altre resistenze e calcolare le correnti in ciascuna di essa, ma più semplicemente ricordandoci la seconda legge di Kirchhoff, relativa alle maglie, avendo già scoperte le V_{CD} E V_{AC}, sarà facilissimo calcolare:
$V_{DB} = 1 - (V_{AC} + V_{CD}) = 0{,}78562$ V

e la relativa $$I_4 = \frac{V_{DB}}{R_4} = 0{,}0037233 \text{ A}$$

nonché calcolare la $V_{CB} = 1 - V_{AC} = 0{,}81631$ V

la relativa $$I_2 = \frac{V_{CB}}{R_2} = 0{,}0027301 \text{ A}$$

Poiché infine la somma di I_4 e di I_2 corrisponde alla corrente totale erogata dalla batteria e assorbita dall'intero circuito, ecco finalmente calcolabile la resistenza totale fra i punti A - B:

$$R_{AB} = \frac{V_{AB}}{I_2 + I_4} = \frac{1}{0{,}0064534} = 154{,}957 \text{ Ohm}$$

Il calcolo è invero un po' tedioso e di scarsa utilità pratica, tuttavia è interessante la verifica dei principi enunciati dai grandi fisici: la sommatoria delle tensioni misurabili alle singole resistenze di una maglia chiusa in cui non siano inserite batterie, (esempio C - D - B - C) darà zero, mentre la sommatoria di maglie chiuse in cui siano inserite batterie corrisponderà appunto alla sommatoria delle tensioni delle batterie, (es.: A - C - D - B - A = 1 V; A - D - B - A = 1V), e questo in assoluta indipendenza da tutte le altre resistenze o f.e.m. inserite nella rete ma non comprese nella maglia chiusa! (per maglia, ricordiamo, si intende un circuito chiuso formato da tanti lati consecutivi).

YAESU FT-5200/FT-6200

BIBANDA VEICOLARI PER 2m/70 cm e 70/23 cm

...mpattezza e convenienza operativa ...n le caratteristiche di questi nuovi ...arati, aggiornati con nuove ...oni che dovranno rivoluzionare la ...ica operativa quali ad es.: il ...ntrollo remoto sempre via radio, ...ging con DTMF, chiamata selettiva ...stemi fonici digitali.

- ✔ ...W in VHF e 35W in UHF
- ✔ ...ssipatore con raffreddamento ...rzato
- ✔ ...memorie per banda, con la ...gistrazione pure del passo di ...uplice, frequenze indipendenti ...ecc.
- ✔ ...e possibilità per la programma-...zione ed il riavvio della ricerca; ...nale prioritario, richiamo ...antaneo del canale di chiamata ...) per ciascuna banda
- ✔ ...onazione dei dati da un apparato all'altro mediante apposito cavetto ...llacciato alla presa microfonica
- ✔ ...crementi di sintonia impostabili
- ✔ ...resa di duplice automatico
- ✔ ... nel FT-6200
- ✔ ...annello frontale staccabile; il corpo del ricetrasmettitore potrà essere allacciato con un cavo di 3 o 6 metri
- ✔ Controllo remoto tramite l'apposito microfono MW-1 (opzionale)
- ✔ Paging ed indirizzo selettivo tramite il microfono suddetto e l'unità FRC-4 (opzionale); possibilità di 999 ID. Alla ricezione del segnale DTMF con la propria codifica si potrà, a scelta, ottenere l'apertura dello Squelch o la segnalazione tramite toni sintetizzati simili al telefono (emesso una o cinque volte). Con il modo Pager, alla ricezione della propria codifica nonché quella della stazione chiamante, quest'ultima verrà indicata dal visore in modo da poter sapere chi chiama. Sempre con il Paging si potrà procedere alla chiamata delle codifiche preregistrate con tre cifre in sei memorie dedicate nonché le codifiche di 5 stazioni più frequentemente indirizzate, oppure 4 stazioni più una chiamata di gruppo
- ✔ Installando il DVS-3 (opzionale), registratore digitale continuo degli ultimi due minuti di ricezione, si potrà predisporre l'apparato all'auto ricezione dei messaggi DTMF pervenuti e procedere pure ad una risposta automatizzata
- ✔ Con l'unità FTS-22 Tone Squelch (opzionale) si potrà procedere alla codifica e decodifica di toni sub-audio. Diversi tipi di microfono con relative staffe di supporto sono a disposizione nonché una vasta gamma di accessori per le funzioni dedicate

Perché non aggiornare la propria attività con i recenti progressi tecnici?

YAESU

marcucci S.p.A.

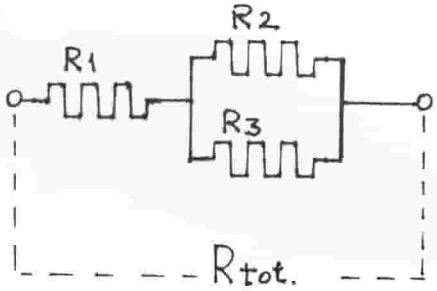
Uffici: Via Rivoltana n. 4 Km. 8,5-Vignate (MI)
Tel. 02/95360445 - Fax 02/95360449
Show-room: Via F.lli Bronzetti, 37-Milano
Tel. 02/7386051

ESERCIZI SUL CAPITOLO 2

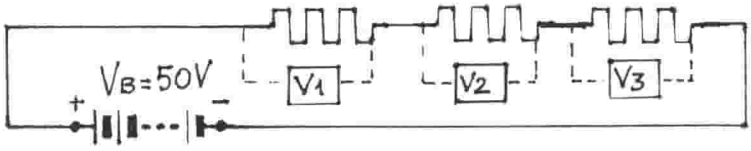
2-1 Abbiamo tre resistenze R1 = 6000 Ω' R2 = 2500 Ω, R3 = 1000 Ω. Se vengono poste in serie, in modo da formare un'unica resistenza che valore resistivo R_{TOT} otterremmo?

2-2 Se le stesse resistenze del 2-1 vengono poste in parallelo, quale sarà il valore resistivo corrispondente?

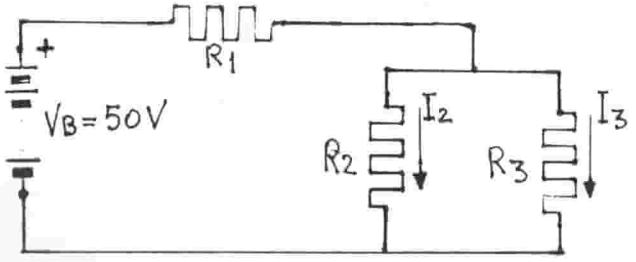
2-3 Disponendo le tre resistenze del 2-1 in serie parallelo come illustrato nella figura, che valore complessivo R_T troveremo?



2-4 Le tre resistenze del 2-1 vengono poste in serie, collegandole poi ad una batteria da 50 Volt, come illustrato in figura, quale sarà la corrente I_{TOT} erogata dalla batteria e le tre tensioni V1, V2, V3 ai capi delle resistenze?



2-5 Nello schema indicato, sempre impiegando le resistenze del 2-1, che valore avranno le correnti I2 ed I3? Quale sarà la potenza W2 dissipata dalla sola R2?



2-6 Ai morsetti di una batteria scollegata misuriamo una tensione E=12V, collegandola ad una resistenza da 1,5 Ω la tensione che misuriamo diviene V= 9 Volt, quale resistenza interna R_i presenta la batteria?

RISPOSTE

2-1 9500 Ω
2-2 638,29 Ω
2-3 6714,28 Ω
2-4 I_{TOT} = 0,005263A; V1= 31,578V; V2 = 13,157V; V3 = 5, 263 V
2-5 I2 = 0,002127A; I3 = 0,005319A; W2 = 0,0113 W
2-6 R_i = 0,5 Ω

CAPITOLO III
- **Effetti della corrente elettrica: effetto termico, effetto magnetico**
- **Effetto elettrolitico**
- **La pila**
- **L'accumulatore. Batterie di pile e di accumulatori e loro disposizione in serie ed in parallelo**
- **La capacità degli accumulatori**
- **La carica degli accumulatori**
- **Accumulatori al Nikel-Cadmio.**

EFFETTI DELLA CORRENTE ELETTRICA: EFFETTO TERMICO, EFFETTO MAGNETICO

Gli effetti e, possiamo dire, le conseguenze, del passaggio della corrente elettrica nei corpi conduttori, sono numerosissimi e non ancora completamente chiariti; è risaputo infatti che la sgradevole "scossa elettrica" cui va soggetto il nostro corpo al contatto di tensioni elevate, se è generalmente pericolosa e sovente mortale, in determinati casi e con opportuni accorgimenti può risultare benefica al punto di rigenerare cellule nervose o muscolari malate.
Fra i più noti e sfruttati effetti della corrente elettrica troviamo quello termico, o calorifico, e quello magnetico.
Abbiamo già visto come il passaggio di corrente in una resistenza la faccia riscaldare al punto da renderla incandescente come nel caso di una normale lampadina dove il riscaldamento fino all'incandescenza del filamento, oltre al calore produce raggi luminosi.
Il passaggio di corrente in qualsiasi corpo che presenti resistenza elettrica comporta comunque sviluppo di calore; oltre all'effetto termico che portato in certe condizioni diviene luminoso, un conduttore percorso da corrente elettrica viene a creare nello spazio circostante un campo magnetico, rilevabile con una normale bussola; lo spazio influenzato dal campo magnetico attorno al conduttore sarà tanto maggiore quanto maggiore è la corrente che lo percorre e tanto più grande sarà il diametro del conduttore stesso; l'intensità del campo diminuisce con l'allontanarsi dal conduttore, fino a non esser più rilevabile, tuttavia teoricamente un campo magnetico si conserva all'infinito.

EFFETTO ELETTROLITICO

Il passaggio di corrente elettrica, attraverso corpi liquidi o gassosi, o a soluzioni composte da varie sostanze, tende a decomporre i corpi nei loro elementi: questo fenomeno di decomposizione si chiama elettrolisi ed avviene secondo precise leggi chimiche determinate per la quantità e qualità degli ioni prodotti dalla corrente.
Ponendo due elettrodi all'interno di un recipiente si ottiene un apparecchio chiamato VOLTAMETRO (da non confondersi con il VOLTMETRO per misure di tensioni).

Se il voltametro viene riempito d'acqua acidulata e si fa scorrere corrente fra gli elettrodi si noteranno delle bollicine raccogliersi sui due elettrodi, precisamente sull'elettrodo negativo si raccoglieranno bollicine di idrogeno e sull'elettrodo positivo bollicine di ossigeno: si è così ottenuta la separazione dei due elementi dell'acqua, idrogeno ed ossigeno, che tuttavia è possibile ottenere grazie all'acido introdotto nell'elettrolito in quanto l'acqua assolutamente pura non è suscettibile a decomposizione.
Una fondamentale legge dell'elettrolisi enuncia: «la qualità di elettrolito,decomposto dalla corrente è rigorosamente proporzionale alla quantità di elettricità che si fa passare nel voltametro».
Sui principi dell'elettrolisi sono basati diversi strumenti chimici e svariati procedimenti industriali (galvanoplastica, elettrolaminatura ecc.) ma uno dei procedimenti che si potrebbero definire l'inverso dell'elettrolisi, ossia la reazione chimica conseguente all'energia assorbita dal processo elettrolitico primario, e restituita come corrente per un processo secondario, ha permesso la costruzione degli **accumulatori,** le così dette batterie ricaricabili universalmente impiegate in elettrotecnica.

LA PILA E L'ACCUMULATORE

La celebre pila di Volta è essenzialmente basata sulla legge del contatto. "Tutte le volte che due conduttori eterogenei sono in contatto, si stabilisce fra essi una differenza di potenziale dipendente dalla natura dei corpi e dalla loro temperatura. Uno dei corpi si carica di elettricità positiva, e l'altro di elettricità negativa".
Molto semplicemente possiamo dire che collegando due estremi di un filo di rame e di un filo di zinco assieme avremo sugli altri due estremi non collegati una tensione elettrica; e fu proprio con dei dischetti di rame e di zinco che il Volta costruì la prima pila, una pila appunto composta da tanti dischetti collegati fra loro e alternati rame-zinco che però avrebbero potuto fornire una corrente di trascurabile entità se il Volta non avesse interposto fra ogni coppia di dischetti del panno imbevuto d'acqua acidulata: si notò subito che, completata l'azione elettrolitica dovuta allo scorrimento di corrente, la pila risultava scarica e non più in grado di erogare corrente aprezzabile; se così non fosse si avrebbe avuta una fonte d'energia inesauribile!
È da notarsi come il polo composto da rame presenti carica positiva, mentre quello composto da zinco la presenti negativa, e come sia la reazione chimica elettrolitica a conservare la generazione di corrente, fino alla completa decomposizione degli elementi.
Con l'impiego di elettroliti particolari si è potuto ritardare grandemente la decomposizione degli elementi, ricavandone batterie di pile ad elevata capacità erogativa pur costruite con ridotte dimensioni; i dettagli costruttivi delle moderne pile a secco o alcaline esula dalla nostra trattazione, mentre un breve cenno sugli accumulatori, o batterie ricaricabili, merita di essere tracciato.
Gli accumulatori, detti anche "pile secondarie" fondano il loro principio di funzionamento sulla reversibilità delle azioni elettrochimiche. Le decomposizioni chimiche operate dal passaggio della corrente sono suscettibili a riprodursi in senso inverso; in altri termini, particolari elettroliti in grado di

produrre corrente e quindi di decomporsi, possono ricomporsi se percorsi da una corrente in senso inverso. Ciò consente di ricaricare l'accumulatore mediante un qualsiasi generatore esterno.

BATTERIE DI PILE E DI ACCUMULATORI E LORO DISPOSIZIONE IN SERIE E IN PARALLELO

Sia le pile che gli accumulatori, che vengono usualmente indicati negli schemi come in fig. 3-1, possono venir combinati in serie, per ottenere tensioni più elevate, ovvero in parallelo per ottenere più alte capacità erogative, oppure ancora in combinazioni serie parallelo per produrre entrambe gli effetti.

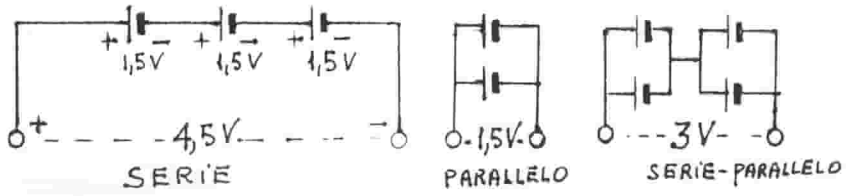


Fig. 3-1 batterie in varie combinazioni

Si può affermare che le batterie si comportano come i condensatori, con la differenza che mentre questi dispongono di carica **elettrostatica,** le pile ed accumulatori dispongono di carica **elettrodinamica** in grado di erogare corrente, con tensione costante, per tempi prolungati.

LA CAPACITA' DEGLI ACCUMULATORI; LA CARICA DEGLI ACCUMULATORI

La capacità di una pila o di un accumulatore si misura in Ampere-ora (simbolo Ah) ed indica quanti Ampere l'accumulatore è in grado di fornire per un'ora consecutiva senza che la tensione ai suoi poli diminuisca notevolmente. Ad esempio un accumulatore per autovettura avente capacità di 20Ah potrà erogare 20 Ampere per un'ora, ovvero 10 Ampere per due ore, o 5 Ampere per 4 ore e così via, senza che la tensione ai suoi poli diminuisca considerevolmente.

Per ricaricare un'accumulatore sarà necessario collegarlo ad una fonte d'energia elettrica esterna avendo l'avvertenza che la corrente da esso assorbita non superi il valore di un decimo della sua capacità totale, onde non danneggiarlo. Un semplice circuito di carica e scarica di un accumulatore è illustrato in fig. 3-2.

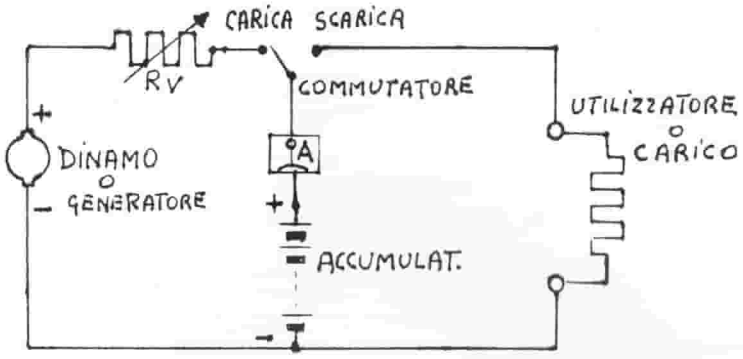


Fig. 3-2 Circuito di carica e scarica di un accumulatore.

Quando il commutatore è posizionato su "carica" la dinamo, di tensione più elevata dell'accumulatore, fornisce corrente che verrà regolata dal resistore variabile Rv per mantenerla ad un decimo della capacità nominale dell'accumulatore; lo amperometro, con lo zero centrale, indicherà la corrente di carica.
Quando il commutatore è posizionato su "scarica" la corrente prelevata dall'accumulatore percorrerà l'utilizzatore, rappresentato nello schema da una resistenza, e l'amperometro indicherà la corrente di scarica.
Va notato che l'energia complessiva spesa per la carica sarà comunque maggiore di quella utilizzabile nella scarica, in quanto una parte d'essa va necessariamente dispersa in calore sia nel resistore Rv che nello stesso accumulatore.

ACCUMULATORI AL NIKEL - CADMIO -

Le moderne applicazioni della chimica hanno portato alla produzione di accumulatori ad elettroliti solidi, di grande capacità e di notevole durata.
Gli accumulatori ad elettrolito liquido, del tipo di quelli impiegati nelle autovetture, presentano infatti lo svantaggio del peso eccessivo e di mal prestarsi ai rovesciamenti che provocherebbero la fuori uscita del liquido dai contenitori.
Ponendo speciali elettroliti fra elementi di Nikel e di cadmio si sono ottenuti appunto accumulatori Nc-Cd, con caratteristiche di ottima stabilità in tensione; infatti mentre nei normali accumulatori si registra un calo progressivo e lineare di tensione durante la scarica, in quelli di tipo Ni-Cd, la tensione rimane pressochè costante per l'intera capacità dell'accumulatore, crollando solo all'approssimarsi della fine scarica. La fig. 3-3 illustra l'andamento delle curve per i due diversi tipi di accumulatore.

Negli accumulatori al Ni-Cd la corrente di ricarica deve essere molto inferiore che per quelli al piombo, in quanto non sopportano surriscaldamenti; essa normalmente non dovrà superare un ventesimo della capacità nominale per cui ad esempio un accumulatore Ni-Cd da 500 mAh andrà caricato con corrente costante di 25 mA massimi, per oltre 20 ore.

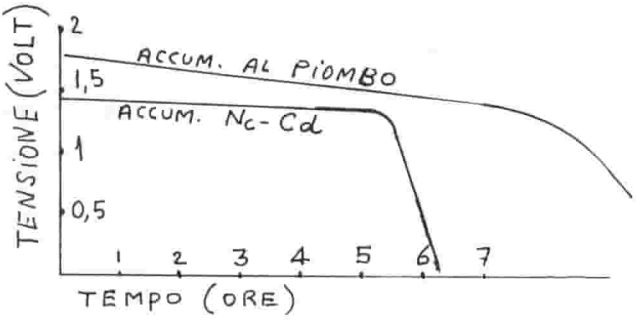


Fig. 3-3 Curve di scarica per i due diversi tipi di accumulatore di identica capacità.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 3

3-1 Nel corso della scarica di una pila, cosa avviene nel suo elettrolito?

3-2 Che differenza c'è fra una pila ed un accumulatore?

3-3 Un normale accumulatore avente capacità di 5 Ah può esser ricaricato correttamente facendolo percorrere da una corrente di 20 A?

3-4 Ponendo in serie due accumulatori, l'uno da 12 V, l'altro da 4,5 V, che tensione otterremo ai loro poli estremi?

RISPOSTE

3-1 La decomposizione degli elementi di cui è composto

3-2 La pila una volta scarica, non consente la ricomposizione dell'elettrolito, quindi non può essere ricaricata da un generatore, mentre l'accumulatore può esser ricaricato facendolo percorrere da corrente applicata in senso inverso.

3-3 No. Esso si caricherebbe in 15 minuti ma rischierebbe la distruzione. La corretta carica non dovrà superare 0,5 A, e dovrà esser data per 10 ore.

3-4 16,5 Volt.

CAPITOLO IV
- **Induzione Elettromagnetica e relative leggi**
- **Mutua induzione**
- **Induttanza**
- **Differenze fra induttanza e capacità nell'immaginare l'energia**
- **Il calcolo grafico mediante vettori**
- **Scarica di un condensatore in una resistenza e in una induttanza**

INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

Un conduttore qualsiasi, se percosso da una corrente elettrica, si circonda di un campo magnetico la cui intensità ovviamente diminuisce con la distanza dal conduttore. Si può immaginare che un filo di rame, percorso da corrente, si circondi di un campo magnetico costituito da linee di forza concentriche, e si può verificare il fenomeno avvicinando ad esso una bussola : vedremo l'ago disporsi come in fig. 4-1.

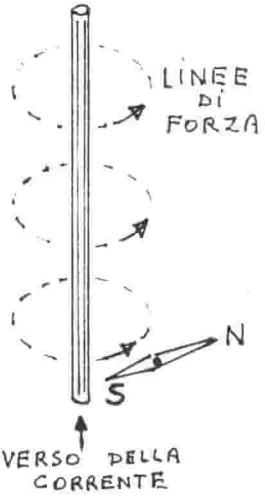


Fig. 4-1
Verso della corrente

Se tu fingessi di avvitare un cavaturaccioli nel conduttore, dal lato del verso della corrente, avresti il verso delle linee di forza.
Gli effetti di queste linee di forza, costituenti il campo magnetico, sono interessanti, anche se per molti versi misteriosi, e sono i più sfruttati per la loro capacità ad indurre energia in altri corpi conduttori, attraverso corpi isolanti o anche attraverso lo spazio vuoto.
Le stesse onde radio possono considerarsi un fenomeno di induzione elettromagnetica se pensiamo che fra l'antenna emittente di un trasmettitore e quella ricevente della tua radiolina esiste sia una capacità (campo elettrico)

sia un legame di linee di forza, (campo magnetico) che dall'antenna emittente inducono energia in quella ricevente attraverso lo spazio.
Cerchiamo ora di capire cosa avviene se noi avvolgiamo un conduttore a spirale, costruendo la cosiddetta Bobina, come illustrato in fig. 4-2

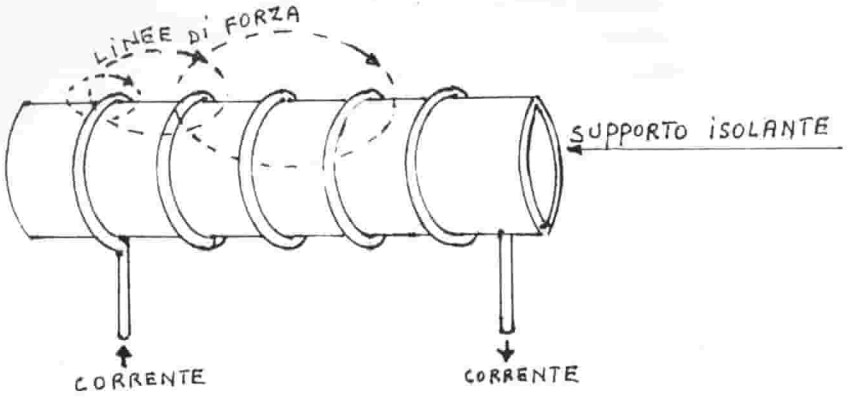


Fig. 4-2 La bobina

Le linee di forza che vengono a crearsi attorno ad ogni spira generano una induzione nelle spire adiacenti, per cui tutto il sistema costituito dalla serie di spire, ossia l'intera bobina, viene chiamata Induttanza. Ma uno strano fenomeno si verifica allorquando una qualsiasi mutazione venga apportata al campo elettromagnetico venutosi a creare attorno ad una induttanza.
Se ad esempio tu collegassi una batteria alla bobina di fig. 4-2, al momento stesso del collegamento il crearsi del campo magnetico verrebbe contrastato dalla bobina con una forza elettromagnetica che tenderebbe a contrastare l'azione che la genera: per vincere questa reazione si deve spendere un lavoro che equivale all'energia elettrica che viene generata nel circuito indotto, ossia nella stessa bobina.
In altre parole nel primo istante di collegamento la bobina presenterebbe una resistenza molto più elevata di quella dovuta alla resistività del conduttore; una volta stabilitosi il campo elettromagnetico avremo realmente la sola resistenza del conduttore, ma se a questo punto interrompiamo il circuito scollegando la batteria, la bobina reagirebbe a questa mutazione di stato opponendo per autoinduzione una f.e.m. (tensione) tendente a conservare lo stato acquisito, il che significa che la bobina ha immagazzinato energia magnetica, così come un condensatore immagazzina energia elettrostatica!
Secondo la legge di Lenz tutte le f.e.m. indotte hanno sempre un verso tale da determinare una reazione che contrasta e tende a rallentare il processo d'induzione che la genera.
Sia una capacità che una induttanza si comportano dunque come immagazzinatori d'energia, il condensatore creando un campo elettrico fra le sue armature dovuto a differenza di potenziale (tensione); la bobina

creando un campo magnetico dovuto alla corrente da cui viene attraversata; il campo elettrico è dunque legato alla tensione, mentre quello magnetico è legato alla corrente.
Abbiamo visto che la capacità di un condensatore viene designata dalle lettere "C" e si misura in Farad (o in sottultipli di Farad) e che il Farad (F) è quell'unità di misura assegnata ad un condensatore che, sottoposto alla tensione di 1 Volt, assume la carica elettrica di 1 Coulomb.
L'unità di misura dell'induttanza, che viene designata con la lettera "L" è data invece dall'Henry (H). E si dice che una bobina presenta un'induttanza di 1 Henry quando, attraversata dalla corrente di 1 Ampere, viene concatenata dal flusso magnetico di 1 Weber. In altre parole una bobina percorsa da corrente diviene una calamita, con potere attrattivo nei confronti dei metalli ∴ la potenza del flusso di una calamità è appunto misurata in Weber.

MUTUA INDUZIONE

Abbiamo fin qui esaminato il comportamento di una singola bobina, o meglio di una singola induttanza percorsa da corrente e il fenomeno di autoinduzione per il quale ogni cambiamento di corrente provoca in essa una mutazione di campo magnetico e una conseguente generazione di tensione indotta.

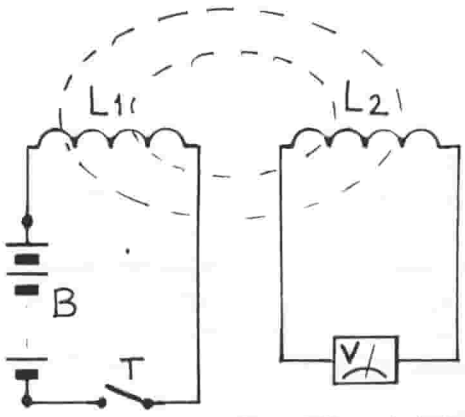


Fig. 4-3 Mutua induzione fra due bobine

Se alla bobina L1 di fig. 4-3, accoppiassimo in vicinanza una seconda bobina L2 essa verrebbe investita dalle linee di forza di L1 e, ad ogni chiusura o apertura dell'interruttore T, la variazione di campo magnetico di L1 indurrebbe tensione in L2, tensione che sarebbe momentaneamente rilevabile ponendo un Voltmetro ai suoi capi.
La tensione ai capi di L2, ad ogni variazione, indurrebbe a sua volta una tensione in L1 e questo reciproco scambio di energia fra le due bobine elettricamente separate ma connesse magneticamente, prende il nome di MUTUA INDUZIONE.

Si chiama coefficiente di accoppiamento il rapporto fra la induzione ottenuta e quella massima teoricamente raggiungibile, per cui se ad esempio potessimo ottenere in L2 un valore di tensione massimo di 100 Volt, ottenendone soltanto 2 Volt potremo dire che c'è fra L1 ed L2 un coefficiente di accoppiamento di

$$\frac{2}{100} = 0{,}02 \text{ ossia un accoppiamento del 2\%.}$$

In tutti i circuiti a radiofrequenza il fenomeno della mutua induzione è molto sfruttato per i vantaggi a favore delle selettività dei circuiti che esamineremo in seguito. L'accoppiamento magnetico fra circuiti elettricamente separati, ci offre del resto il primo mezzo per intuire la trasmissione di energia attraverso uno spazio vuoto. La trattazione sui fenomeni di mutua induzione potrebbe essere ampliata all'infinito, ma ci porterebbe troppo lontano dal nostro programma. Ci sarà sufficiente per tanto l'aver chiarito che due bobine poste in vicinanza esercitano fra esse una mutua induzione elettromagnetica proporzionale al loro coefficiente di accoppiamento.

INDUTTANZA

Già abbiamo visto che l'induttanza di una bobina è designabile come la sua disponibilità ad immagazzinare energia elettromagnetica.
L'unità di misura dell'induttanza si misura in Henry (H) ma tale unità risulta enorme per la normale pratica radiotecnica sicchè si fa normalmente uso di sottomultipli; milliHenry (mH) e microHenry (μH) che sono rispettivamente millesimi e milionesimi dell'Henry ossia $Hx10^{-3}$ ed $Hx10^{-6}$.
Sempre per restare sul pratico va subito detto che il calcolo teorico di una induttanza, sulla base delle dimensioni, risulta piuttosto difficile dipendendo da molti fattori.
In generale più numerose sono le spire più alto sarà il valore dell'induttanza, ma anche il diametro delle spire ha una notevole importanza, come pure la spaziatura fra spira e spira, la qualità del supporto isolante impiegato, la qualità del conduttore, la forma e le dimensioni complessive dell'avvolgimento.
Ancor oggi le bobine vengono costruite sperimentalmente, sulla base iniziale di calcoli molto empirici.
Un monogramma per il calcolo approssimativo delle bobine è presentato in appendice, esso viene ancora usato per le bobine cilindriche ad un solo strato ossia le più diffuse nella pratica radio per frequenze alte. Va però notato che per bobine di induttanza piuttosto elevata si ricorre ad avvolgimento a diversi strati e di varie forme (incrociati o a nido d'ape), per esempio una bobina da 1μH è costituita da avvolgimento di 18 spire in filo da 0,5 mm, spaziate a 0,7 mm; una bobina da 200 μH, è invece costruita con un avvolgimento di 125 spire incrociate, poste quindi su vari strati, con filo sottilissimo da 0,1 mm.

Ogni casa costruttrice trova notevole difficoltà nella progettazione delle induttanze per determinati circuiti e, come detto, procede in linea di massima per esperimenti, fino ad ottenere il miglior risultato.
Va notato che esistono dei sistemi per la misura di induttanza ma che, alle radiofrequenze, la misura risulta assai difficile perchè l'induttanza pura, intesa in senso ideale, non esiste : considera infatti che fra spira e spira di una stessa bobina, non è possibile escludere una certa capacità, ossia ogni spira si comporta come armatura di un minuscolo condensatore, infatti per ogni induttanza va considerata una certa capacità parassita, intrinsicamente ad essa connessa e chiamata Cp.
Più rilevante ancora è il fatto che una bobina ideale dovrebbe essere costruita con un filo conduttore di resistività nulla, il che non è ovviamente possibile per tanto ogni induttanza è anche caratterizzata da un resistenza parassita (chiamata Rp) che ha un grande peso nel cosidetto fattore di merito della bobina, come vedremo in seguito.
In particolare considerazione va tenuto il fatto che più bobine poste in serie o in parallelo si comportano come delle resistenze: in serie sommano i loro valori (L1+L2+L3...,) mentre in parallelo dividono la loro induttanza secondo la formula già vista per la resistenza

$$L_{TOT} = \frac{1}{\frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3}}$$

Risulta intuitivo per la bobina posta in serie il fatto che s'ottenga lo stesso effetto che sommare più spire, con conseguente aumento d'induttanza, mentre per il parallelo parrebbe che avendosi somme di campi magnetici connessi alle stesse bobine, anche l'induttanza complessiva dovesse sommarsi, il che sarebbe vero solo per correnti continue, mentre essendo le induttanze usate solo per correnti alternate o intermittenti entra in gioco un fenomeno di reattanza che studieremo a proposito delle correnti alternate e che fa si che le bobine si comportino come resistenze tanto più alte quanto più è alto il valore della frequenza.

DIFFERENZE FRA INDUTTANZA E CAPACITA' NELL'IMMAGAZZINARE ENERGIA

Sia un condensatore che una bobina hanno le possibilità di immagazzinare energia, il primo sottoforma elettostatica, la seconda elettromagnetica, vediamo di analizzare come si comportano se sottoposti ad una tensione.
Se carichi il condensatore C. col circuito di fig. 4-4 a, al primo istante di chiusura di T noterai una elevata corrente nell'amperometro posto in serie al circuito = gli elettroni affluirebbero con iniziale abbondanza a disporsi sulla

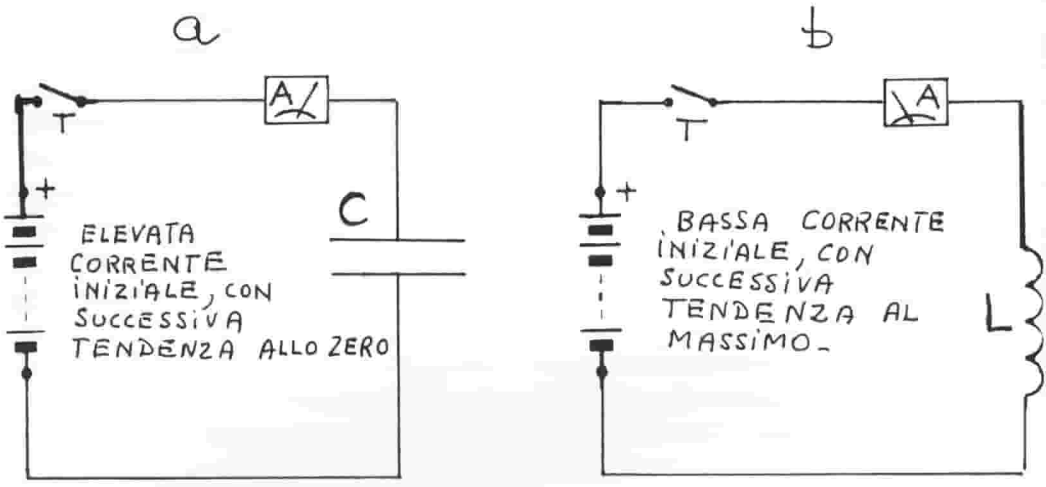


Fig. 4-4 Carica di un condensatore e di una induttanza.

armatura, determinando appunto una elevata corrente che andrebbe poi annullandosi quando il condensatore risultasse completamente carico.
Collegando al posto di C la bobina L, come in fig. 4-4 b, al primo istante di chiusura di T lo scorrimento di elettroni in L verrebbe contrastato dalla tensione indotta , di segno apposto a quella applicata dalla batteria, ne risulterebbe un effetto simile ad un aumento della resistenza elettrica di L e conseguentemente una minor corrente iniziale, che successivamente con lo stabilizzarsi del campo magnetico scomparirebbe e sull'amperometro avremo la corrente massima, data dal semplice rapporto

$$\frac{V}{R}$$

dove la R è costituita dalla sola resistenza ohmica del filo della bobina.
Possiamo così considerare che bobine e condensatore immagazzinano entrambi energia, ma con fasi opposte, ovvero se prendiamo come riferimento lo scorrere di corrente in una resistenza pura, potremmo dire che in un condensatore abbiamo una corrente in anticipo, mentre in una induttanza, in ritardo.
Come disegnato in fig. 4-5, sia la corrente in un condensatore che quelle in una induttanza sono sfasate di 90° rispetto alla corrente in un resistore puro e poichè la IC è sfasata di 90°, in anticipo, mentre le IL di 90° in ritardo possiamo bene vedere che fra IC ed Il esiste uno sfasamento complessivo di 90+90=180°.
Le correnti IC ed IL sono pertanto in controfase, il che significa anche che, se di uguale valore, esse si annullano a vicenda, esattamente come avverrebbe per due persone della stessa forza che si spingessero frontalmente, o per due pesi contrapposti.

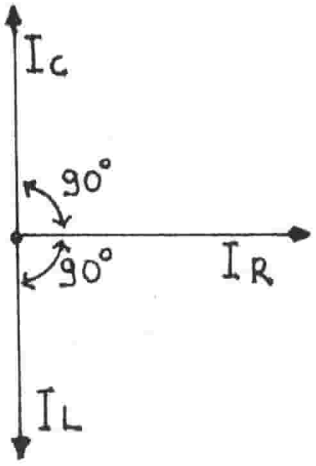


Fig. 4-5 - Ritardo di IL, anticipo di IC rispetto alla IR.

IL CALCOLO VETTORIALE GRAFICO DELLE FORZE

Senza necessità di ricorrere a complessi calcoli matematici risulta intuitivo che se io e te abbiamo lo stesso peso e forza e spingiamo una vettura nello stesso senso con una forza di 10 kg ciascuno la vettura verrà spinta da 20 kg, potremmo disegnare l'effetto rappresentando le due forze con due segmenti come in fig. 4-6, e se io mi chiamo A, mente tu B, sommando, nel medesimo senso la forza A e la forza B, avremo due segmenti uguali, che partono dal punto 0 sommandosi e se ogni millimetro disegnato corrisponde ad 1 kg di forza, i miei 10 mm sommati ai tuoi 10 mm mi daranno un segmento di 20 mm che mi rappresenta la forza complessiva applicata alla vettura. Se poi io applicassi solo 5 kg di forza, e tu invece 10, nello stesso senso, avremo 5+10 un segmento di 15 mm, rappresentante appunto una forza complessiva applicata di 15 kg.

Fig. 4-6 Rappresentazione vettoriale di forze applicate

Potrebbe darsi il caso che tu spinga la vettura verso sinistra con una forza di 10 kg, mentre io la spinga verso destra con una forza di 5 kg (fig. 4-7)
in questo caso sottrarremmo il segmento A a quello B e otterremo una forza complessiva applicata verso sinistra di 5 kg.
Ma se tu spingessi la vettura verso sinistra e io mi ponessi a spingerla lateralmente, ossia applicando la mia forza di 5 kg con 90° di sfasamento

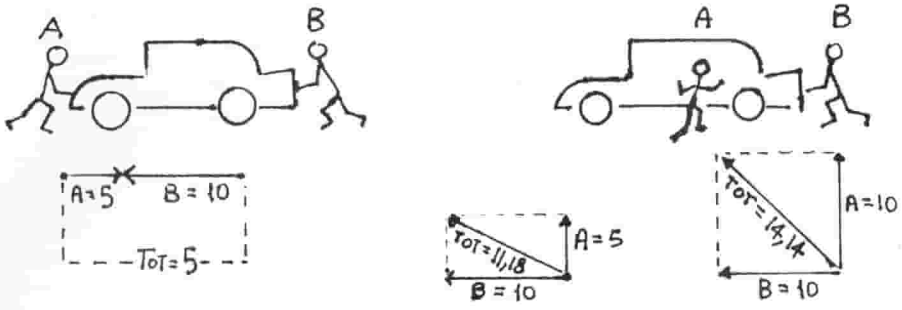


Fig. 4-7

rispetto alla tua forza di 10 kg otterremmo una forza risultante applicata alla vettura di 11,18 cm. Se poi anch'io avessi applicata una forza di 10 kg i due segmenti sarebbero risultati uguali e l'angolo di sfasamento di 45°, mentre la forza complessiva risulterebbe di 14,14 cm (ossia 14,14 kg).
In definitiva possiamo riscontrare praticamente per via grafica che, per forze applicate a 90° risulta vero il teorema di Pitagora per il quale il quadrato costruito sull'ipotenusa di qualsiasi triangolo rettangolo è uguale alla somma dei quadrati costruiti sui cateti, ma la rappresentazione grafica ci darà il vantaggio di trovare le risultanti per forze applicate anche diverse dai 90°, il che può venire utile in molti casi. Se ad esempio io e te spingessimo la vettura premendo sui parafanghi con una angolazione di 50° uno rispetto all'altro (vedi fig. 4-8), e con la stessa forza di 10 kg ciascuno, potremmo vedere dal grafico, senza bisogno di usare complessi calcoli trigonometrici, che avremmo applicata alla vettura una forza di circa 18 kg.
Tale calcolo grafico consente la risoluzione, di numerosi problemi riguardanti tensioni e correnti, allorquando si devono considerare capacità, induttanze e resistenze.
Va ricordato comunque che la corrente in un condensatore è sempre sfasata di 90° in anticipo rispetto a quelle in una resistenza, per cui il calcolo può sempre essere risolto usando il Teorema di Pitagora.

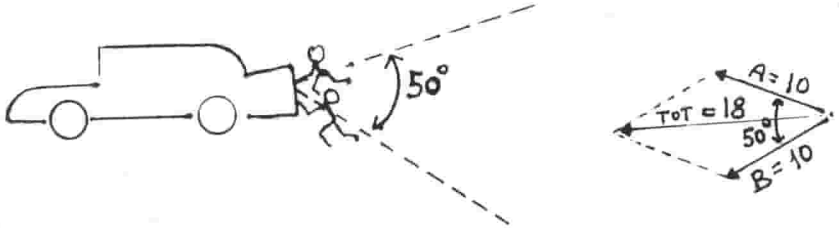


Fig. 4-8

E lo stesso procedimento vale anche per il calcolo di correnti in una induttanza che sono sfasate di 90° in ritardo rispetto alla corrente in una resistenza. Per il calcolo di correnti induttive e capacitive, essendo in opposizione esse

vanno semplicemente sottratte l'una all'altra, come risulterebbe dalla fig. 4-5, nella quale, avendo IC identico valore di IL le due correnti verrebbero ad annullarsi, rimanendo solo la corrente resistiva IR.

SCARICA DI UN CONDENSATORE IN UNA RESISTENZA E IN UNA INDUTTANZA

Se tu provassi a realizzare il semplice circuito di fig. 4-9, caricando il condensatore mediante il commutatore posto in A, alla tensione della batteria, e successivamente lo scaricassi attraverso la resistenza R da 10.000Ω, ponendo il commutatore su B, potresti teoricamente seguire l'andamento della tensione ai capi R, rilevando un grafico simile a quello illustrato in fig. 4-9.

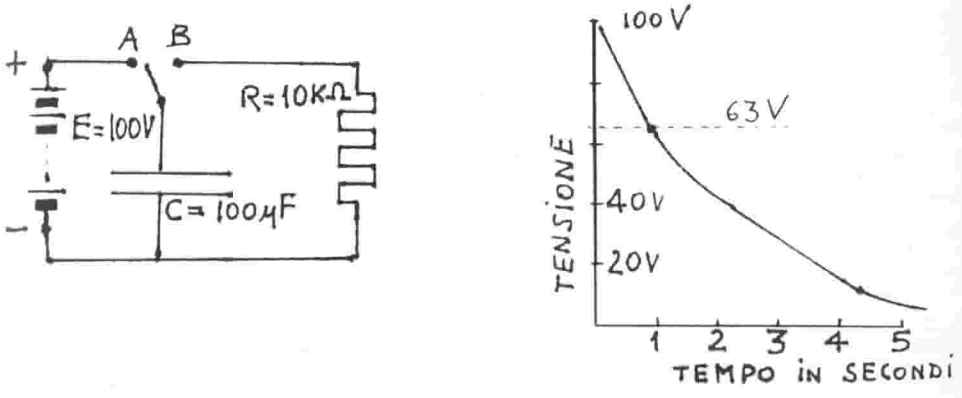


Fig. 4-9

Il condensatore teoricamente non rimarrebbe mai completamente scarico, ma si considera convenzionalmente scarico quando la sua tensione cala al 63% di quella iniziale. Nell'esempio della figura per raggiungere appunto la tensione di 63 Volt esso impiegherebbe 1 secondo. La costante di tempo di scarica, o anche di carica è data infatti dalla semplice formula.

$$T=CxR$$

dove T= Tempo in secondi; C= Capacità in Farad; R= Resist. in Ω

Infatti, se anzichè essere da 100 μF il condensatore fosse stato da 1000 μF, per raggiungere i 63 Volt in discarica esso avrebbe impiegato
$T= 1000 \cdot 10^{-6} \cdot 10.000 = 10$ secondi e stesso tempo avrebbe impiegato se, fermo restando il condensatore a 100 μF avessi usato una resistenza da 100 kΩ, anzichè da 10kΩ÷
Sempre per fare un esempio se avessimo usato un condensatore da 1μF e una resistenza da 1 KΩ, il tempo di scarica, ossia il tempo per raggiungere la tensione di 63 Volt sarebbe stato $T= 1.10^{-6} \cdot 1.10^{3}$, ossia 1 millisecondo. Chia-

ramente per tutto il periodo di discarica la corrente nella resistenza verrebbe a risultare, per la legge di ohm

$$I = \frac{V}{R}$$

inizialmente la massima, e successivamente decrescente, istante per istante. Ben diverso effetto avremmo se un condensatore, caricato ad una certa tensione, venisse poi scaricato in una induttanza.

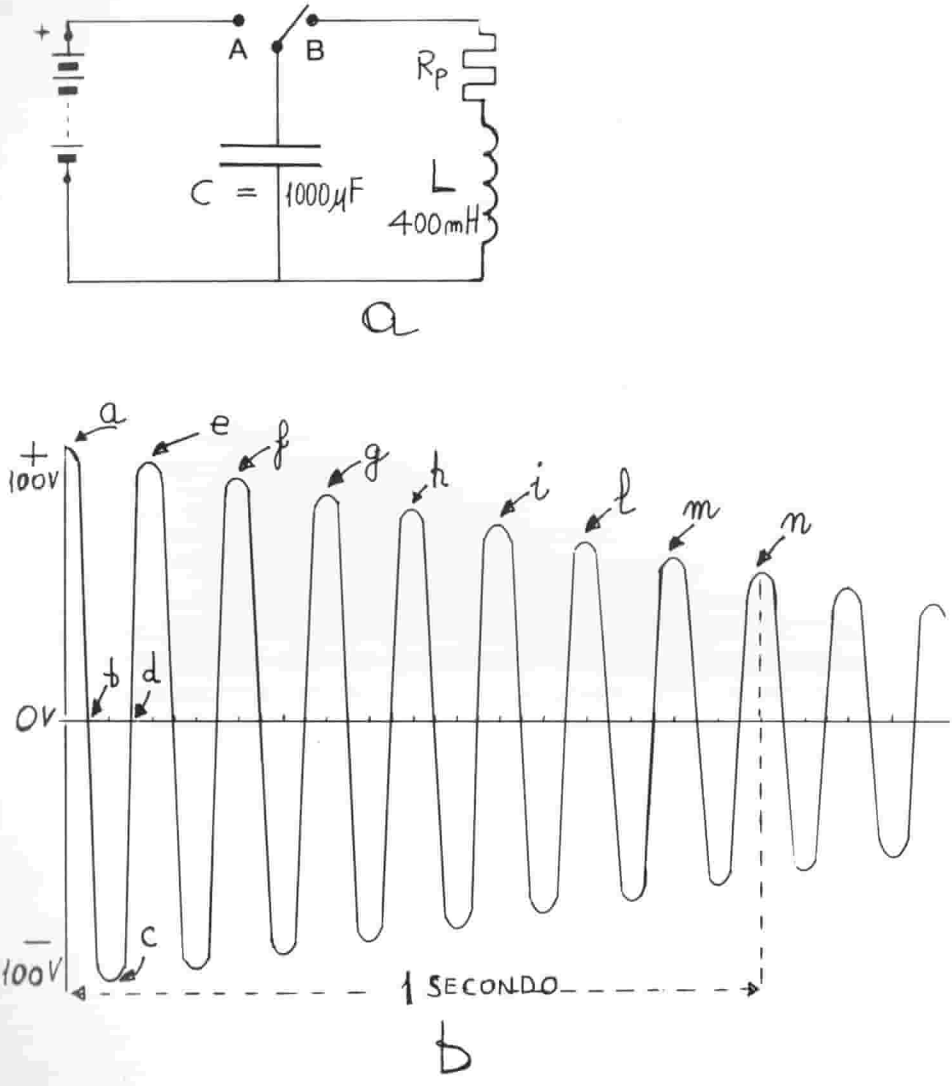


Fig. 4-10

In figura 4-10 abbiamo posto la resistenza Rp= ad indicare la resistenza

parassita, che come abbiamo visto è sempre presente in ogni bobina.
Scaricando il condensatore, caricato precedentemente a 100 Volt, nella induttanza da 400 mH, avremmo il verificarsi di uno scambio d'energia fra condensatore e bobina con la seguente sequenza:
nel porre il commutatore in posizione B, al primo istante avremmo la tensione di 100 Volt applicata alla bobina (vedi "a" della figura) dopo qualche frazione di secondo i condensatore risulterebbe scaricato (punto "b") ma la bobina avrebbe immagazzinato energia elettromagnetica per il cui effetto fornirebbe al condensatore una tensione inversa a quella che aveva provocato il campo, la quale andrebbe a ricaricare il condensatore, con polarità opposte a quelle iniziali (punto "C").
Il condensatore carico tornerebbe a scaricarsi nella bobina fino a che la sua tensione si porterebbe allo zero (punto "d") ma in questo istante la bobina rincomincerebbe a fornire ancora tensione indotta di segno oppoto, ossia positivo come quello iniziale, ricaricando il condensatore fino al punto "e".
La sequenza continuerebbe all'infinito nel continuo scambio d'energia fra L e C, se per effetto di Rp, resistenza parassita, una parte di energia non venisse sottratta continuamente al circuito, sicchè la sinusoide risultante va decrescendo fino a spegnersi, come illustrato in figura.

Possiamo notare che fra i punti "a" ed "e" si è completato un ciclo e che nel tempo di un secondo si sono verificati 8 cicli completi (a÷n), sicchè possiamo dire che un circuito con i componenti dell'esempio di fig. 4-10, oscilla ad una FREQUENZA di 8 cicli al secondo (8 C/S).
La formula che ci consente di calcolare la frequenza di un circuito d'oscillazione composto da condensatore a capacità è la seguente, fondamentale per la radiotecnica:

$$f^2 = \frac{1}{4.\pi^2.\ L.C}$$

e nell'esempio

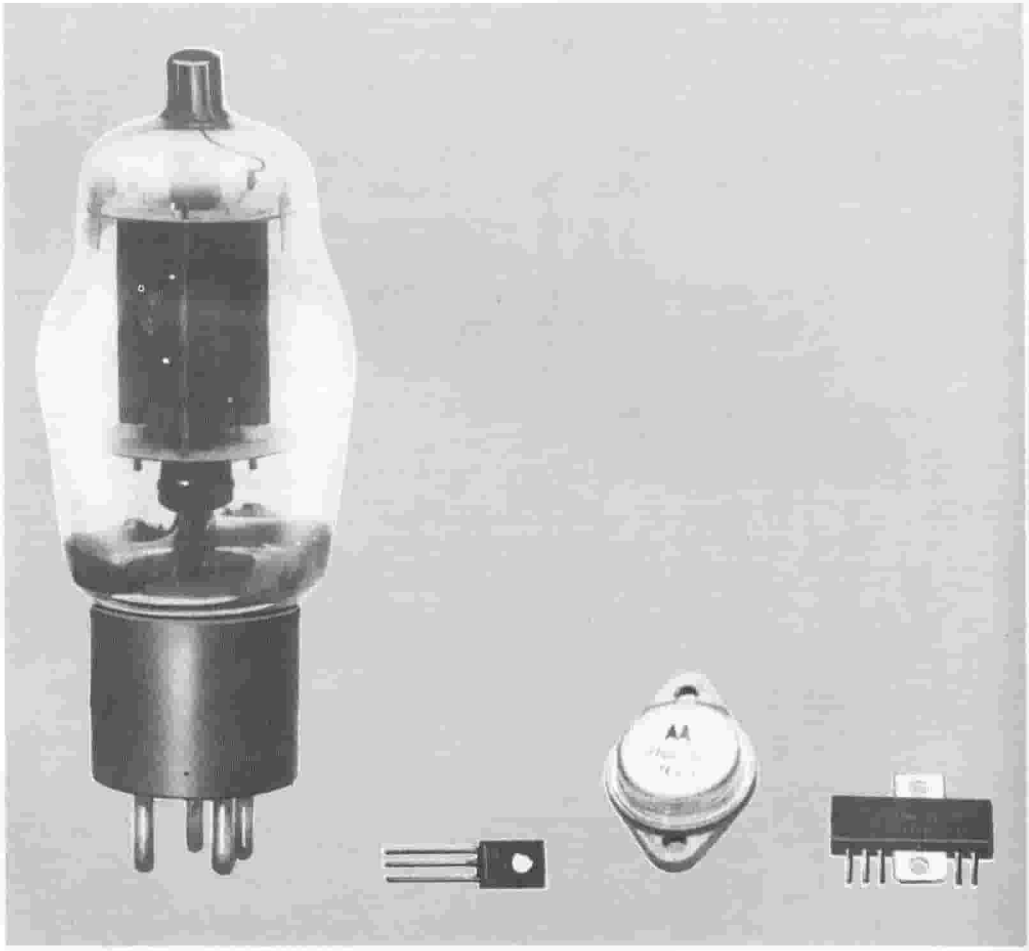
$$f^2 = \frac{1}{4.\pi^2.400.10^{-3}.1000.10^{-6}} = \frac{1}{39{,}48.4.10^{-4}};$$

$$f^2 = \frac{1}{39{,}48.4.10^{-4}} \qquad f^2 = \frac{1}{0{,}01574};$$

$f^2 = 63{,}323;$ $\qquad f = \sqrt{63{,}323};\ f = 7{,}958$ C/S (circa 8 C/S).

Si noti in figura come la frequenza rimanga costante durante tutta la sequen-

za delle oscillazioni, malgrado la progressiva diminuzione dell'ampiezza.
Studieremo meglio tale importantissima formula trattando in seguito dei circuiti risonanti, ma per ora è importante meditare sul fenomeno della tensione sinusoidale alternata che abbiamo ottenuto col semplice circuito di fig. 4-10. I segnali a radiofrequenza, come pure le tensioni usate per le normali reti di distribuzione hanno una forma molto simile, ovviamente con andamento costante, anzichè decrescente.
Quando accendi una lampadina in casa, collegata alla normale rete di alimentazione, in essa circola una corrente sinusoidale alternata con frequenza di 50 C/S, per cui per ben 50 volte in un solo secondo la corrente in essa inverte il proprio senso fino al massimo valore, e per ben 100 volte in ogni secondo la corrente risulta essere a zero.



I principali componenti attivi; da sinistra a destra vediamo nell'ordine: valvola (tubo elettronico) per grandi potenze; transistore di media potenza; transistore di alta potenza; integrato di semiconduttori.

CAPITOLO V

- **Tensioni e correnti alternate**
- **Periodo, frequenza, pulsazione**
- **Ampiezza, valore medio, valore efficace**

TENSIONI E CORRENTI ALTERNATE

Si è già detto che in una induttanza ogni variazione di campo magnetico genera in essa una tensione indotta, il che significa anche che l'induttanza è soggetta a generare tensioni indotte anche se varia il campo magnetico esterno ad essa, che la influenza.

La figura 5-1a illustra un semplicissimo disegno costruttivo di alternatore, molto simile a quelli montati sulle biciclette. Praticamente è stata immersa una bobina di un certo numero di spire nel campo magnetico di una calamità, ossia di un magnete permanente.

In due contatti striscianti P1 e P2 (spazzole in carbone) assicurano i contatti ai due dischetti metallici, fra loro isolati, posti sullo stesso perno e ai quali sono saldati gli estremi della bobina rotante. Quest'ultima è immersa nel campo magnetico permanente offerto dai poli N ed S della calamità.

Fino a quando la bobina è ferma non essendovi in essa variazioni di campo magnetico, non vengono indotte tensioni, ma se cominciamo a far ruotare il perno, supponiamo con una cadenza di una volta ogni secondo, avremo due variazioni di campo magnetico nelle spire della bobina, la quale verrà influenzata alternativamente in ogni sua rotazione dal polo N a quello S del magnete. Ai conduttori collegati alle spazzole sarà presente una tensione con andamento molto simile a quello illustrato in fig. 5-1b.

Se assumiamo come riferimento il filo collegato P1 e lo consideriamo a tensione zero potremo dire che P2 presenta rispetto ad esso una tensione che in un secondo, ossia nel tempo impiegato per una completa rotazione, cambia due volte di segno, assumendo due valori massimi, ma di segno opposto.

Il valore della tensione dipende ovviamente dal numero di spire da cui è costituita la bobina, più esse sono numerose, più alta sarà la tensione ma è anche logico che più numerose saranno le spire, più dovrà ridursi il diametro del filo della bobina, a meno di non voler aumentare le dimensioni dell'intero apparecchio, e quindi, diminuendo lo spessore del filo avremo una resistenza ohmica della bobina più elevata.

Se applichiamo ai fili collegati a P1 e P2 una qualsiasi resistenza, alla rotazione della bobina scorrerà in essa una corrente alternata proporzionale alla tensione istante per istante ad essa applicata da questo semplice alternatore, e poichè tale corrente attraversa anche la bobina stessa, risulta evidente che più elevata sarà la sua resistenza, più alta sarà la caduta di tensione ai suoi capi e quindi minore la tensione presentata alla resistenza di carico.

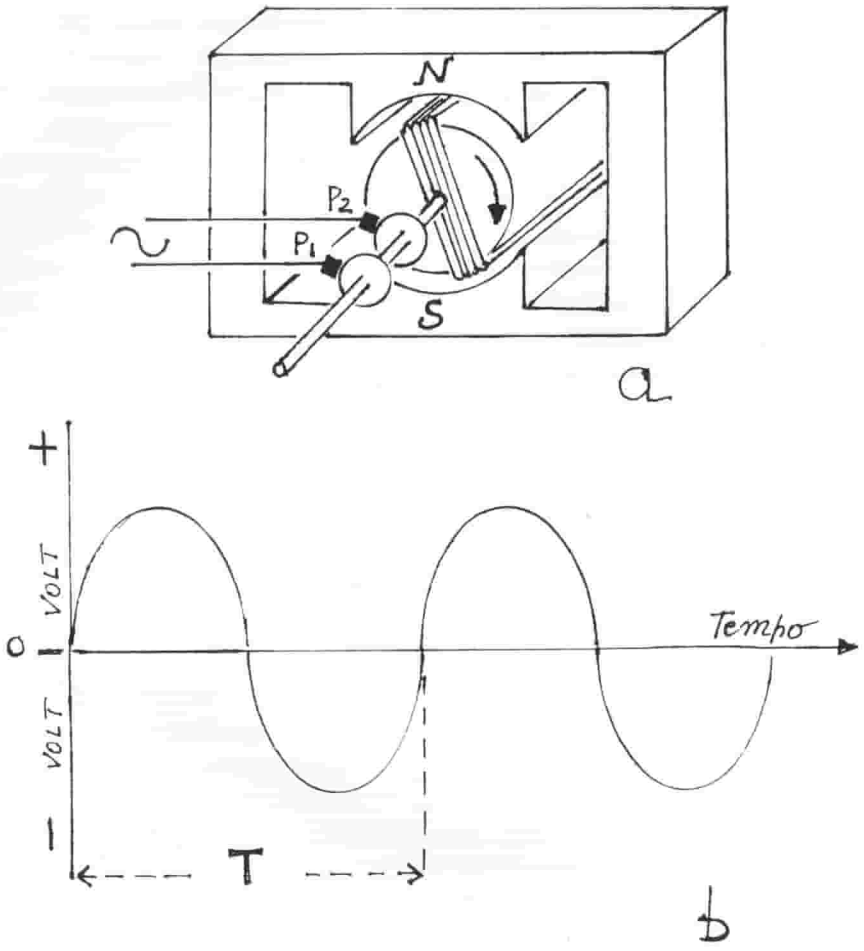


Fig. 5-1 L'alternatore

Risulterebbe ideale che ogni generatore ad induzione, come quello illustrato, presentasse la più bassa resistenza possibile, ma è evidente che tale resistenza aumenti con l'aumentare del numero di spire, ossia della tensione che da esso vogliamo ottenere, sicchè possiamo costruire un alternatore di una data dimensione con tensione alta e resistenza interna alta oppure, a parità di dimensioni, con bassa tensione e bassa resistenza; in ambedue i casi avremo la medesima potenza in Watt utilizzabile per un valore che sarà il massimo quando la resistenza di carico applicata sarà identica a quella interna al generatore, come già abbiamo visto per le batterie (vedi fig. 2-6 b al capitolo 2).

In altre parole un alternatore è caratterizzato dalla potenza in Watt che può fornire e che dipende dalle sue dimensioni fisiche, come avviene per le batterie.

In una batteria abbiamo una trasformazione d'energia che da chimica si tramuta in elettrica, mentre in qualsiasi generatore induttivo l'energia elettri-

ca è una trasformazione di quella del moto. Il lavoro che tu spendi per far ruotare il perno dell'alternatore, collegato ad una resistenza, si tramuterà in energia elettrica la quale a sua volta si tramuterà in calore, dissipato dalla stessa resistenza.

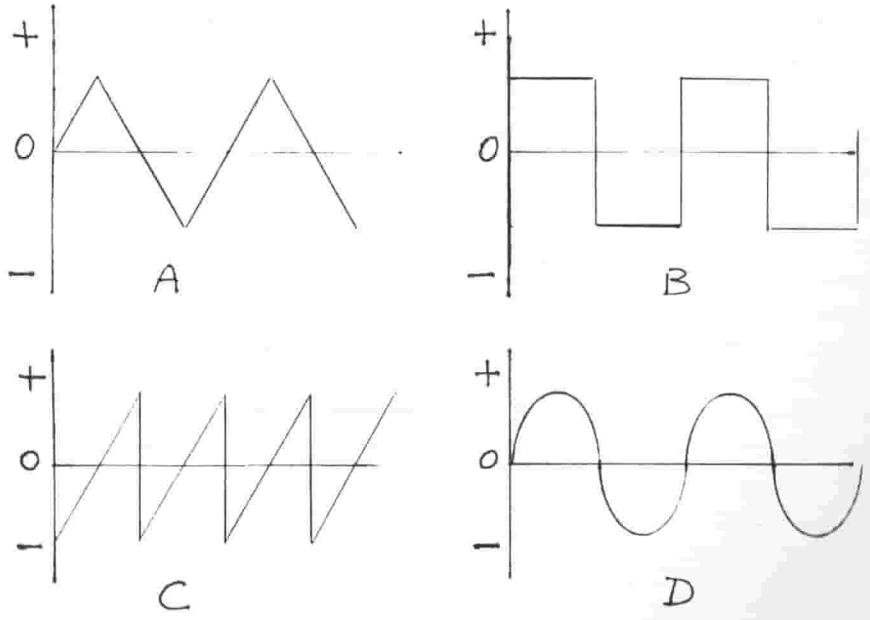
Non abbiamo ancora chiarito il concetto di tensione o corrente alteranta, inquanto abbiamo solo stabilito che essa inverte alternativamente il suo senso assumendo valori positivi e negativi nel tempo.

Una tensione, per potersi chiamare alternata, deve soddisfare assieme queste due condizioni:

1 - essere periodica (ossia costante su un determinato tempo) assumendo ripetitivamente sempre i medesimi valori.
2 - Presentare in ogni suo periodo un valore medio nullo (se sommiamo tutti i valori di tensione positiva e negativa della figura 5-1b, la loro differenza sarà zero pertanto la 2a condizione è soddisfatta).

Una tensione alternata potrebbe presentare delle forme molto diverse da quella di fig. 5-1b.

Alcune fra le più comuni sono illustrate in fig. 5-2, dove vediamo



A= Tensione a triangolo

B= Tensione quadra

C= Tensione irregolare

D= Tensione sinusoidale

Fig. 5-2 Esempi di tensioni alternate, presentano tutte periodicità e valore medio nullo, le aree misurabili sia in zona + che in zona — hanno i medesimi valori

che la fig. D corrisponde a quella della fig. 5-1b, e corrisponde anche con

quella della fig. 4-10, generata dalla scarica di un condensatore in una induttanza. È questa la forma d'onda di tensione o di corrente più importante nei problemi di elettrotecnica e di radiotecnica: sia i circuiti oscillanti che le macchine rotanti per la produzione d'energia, generano appunto tensioni sinusoidali.

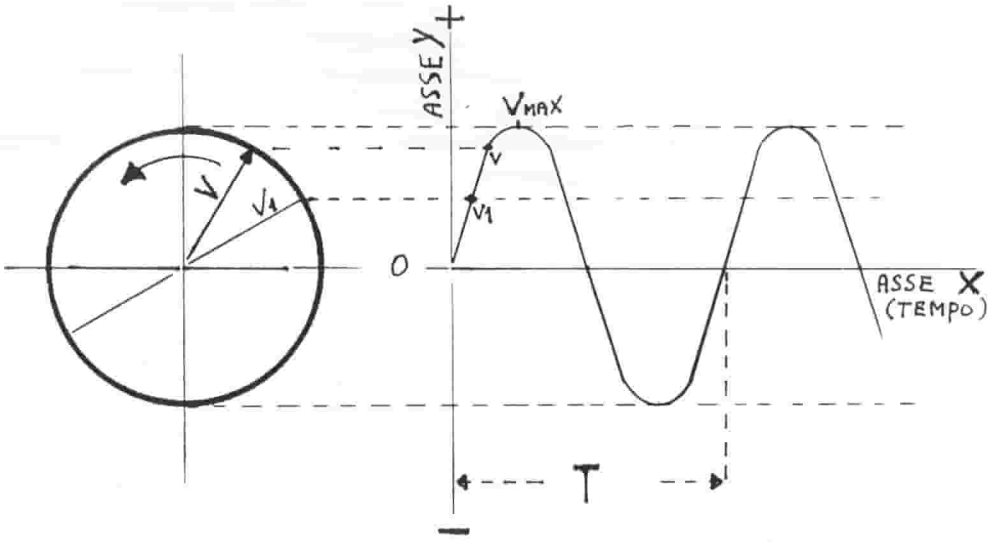


Fig. 5-3 Costruzione di una forma sinusoidale mediante una segmento rotante

Prendendo in esame la figura 5-3, puoi fingere che il segmento V ruotante nel cerchio sia una bobina ruotante in un campo magnetico, e riportando i valori che troveresti al terminale esterno di questa bobina sugli assi X ed Y, troveresti in ogni istante un certo valore di tensione (asse Y) corrispondente all'istante segnato sull'asse X (tempo).
La definizione di forma sinusoidale è data dalla funzione tipo V= Vmax.Sen ωT, ma non serve ricorrere alla trigonometria per intuire che qualsiasi tensione indotta prodotta in induttanze rotanti sarà una forma di tensione come quella di fig. 5-3 e che maggiore sarà la velocità di rotazione, più breve sarà il periodo T di tempo impiegato per compiere l'intero ciclo.
Se ad esempio tu ruotassi la bobina due volte ogni secondo avresti un ciclo completo ogni 1/2 secondo, in questo caso avresti una alternata avente un periodo di 0,5 secondi, è una frequenza pari a

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ cicli/secondo}$$

PERIODO, FREQUENZA, PULSAZIONE

Il periodo di una qualsiasi grandezza alternata è definito come il tempo che essa impiega per compiere un intero ciclo, e poichè l'unità di tempo che va

considerata in ogni calcolo è il secondo, appare chiaro che più lungo è il tempo impiegato per compiere un ciclo, meno numerosi saranno i cicli che potranno compiersi in un secondo, ossia minore sarà la frequenza della grandezza alternata.
Le seguenti relazioni sintetizzano il concetto

$$f = \frac{1}{T} \; ; \qquad T = \frac{1}{f}$$

Ad esempio una grandezza alternata avente un periodo T di 0,01 secondi avrebbe una frequenza

$$f = \frac{1}{0{,}01} = 100 \text{ cicli al secondo (100 C/S)}$$

e una grandezza alternata di frequenza 250 C/S avrebbe un periodo di

$$T = \frac{1}{250} = 0{,}004 \text{ secondi, ovvero 4 millisecondi.}$$

La frequenza di qualsiasi grandezza alternata è dunque, come vediamo sempre legata all'unità di tempo di 1 secondo; la frequenza, come il periodo, può inoltre essere considerata anche per grandezze non alternate, per esempio impulsive. Se infatti consideriamo la figura 5-4 dove abbiamo una grandezza impulsiva con degli impulsi che elevano una tensione costante di 10 Volt a valori impulsivi di 20 Volt, potremo dire che questi impulsi, poichè si ripetono due volte ogni secondo, hanno una frequenza 2 C/S e poichè

$$T = \frac{1}{F} = 0{,}5$$

0,5, hanno un periodo di 0,5 secondi.
Va notato che se noi applicassimo una tale tensione impulsiva ad una induttanza, la corrente che in essa verrebbe indotta tenderebbe a mutarsi in valore alternato tendente al sinusoidale per gli effetti magnetici che abbiamo già esaminato.
Mentre la frequenza e il periodo possono essere considerati per valori di tensioni o correnti sia impulsivi che alternati, la pulsazione va considerata soltanto per questi ultimi, essa è infatti la velocità angolare del vettore immaginario "V" che nella rotazione determina tutti i valori d'ampiezza della grandezza alternata (vedi fig. 5-3). Infatti la pulsazione si indica con la lettera greca "ω" (Omega minuscola) ed è data da $\omega = 2\pi f$, da ciò possiamo vedere che ad esempio una tensione alternativa sinusoidale di frequenza 100 C/S

avrà una pulsazione di $\omega = 2\pi f = 2x3,14x100 = 628$, ossia una frequenza in regime alternato a 100 C/S ha una velocità angolare ω pari a 628.
La lettera ω è molto usata in tutti i calcoli sia elettrotecnici che radiotecnici, ci basti per il momento ricordare che

$$f = \frac{1}{T} \; ; \qquad T = \frac{1}{f} \; ; \qquad \omega = 2.\pi.f$$

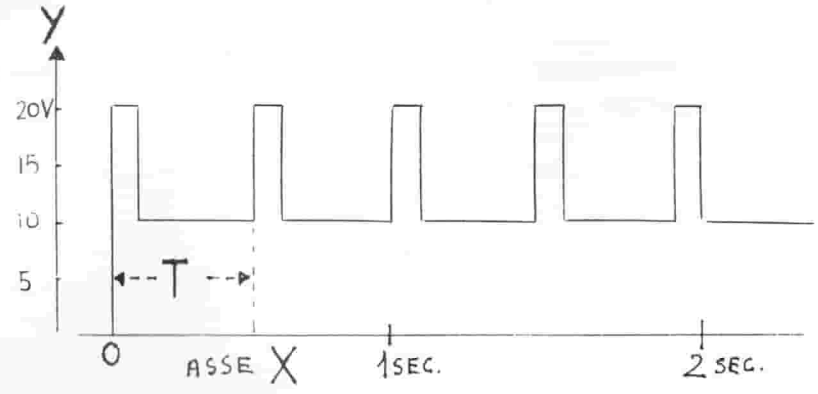


Fig. 5-4

AMPIEZZA, VALORE MEDIO, VALORE EFFICACE DI UNA GRANDEZZA ALTERNATA

In una grandezza alternata non possiamo considerare soltanto la sua frequenza, ma dobbiamo considerare anche la sua ampiezza per poter valutare gli effetti che essa ha quando viene applicata ad un carico.

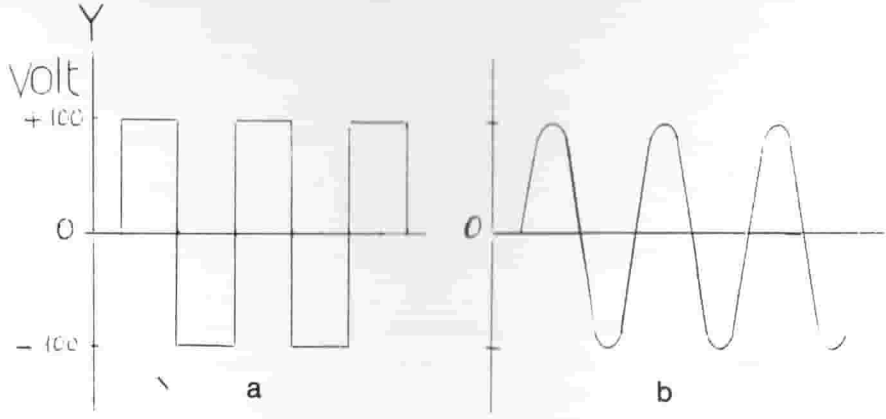


Fig. 5-5 Grandezza alternata in onda quadra e in onda sinusoidale.

Se prendiamo in considerazione la fig. 5-5a dove riproduciamo una tensione

alternata di forma quadra, vediamo che essa presenta un valore massimo di 100 Volt, sia negativi che positivi, il suo valore medio è nullo, come in tutte le grandezze alterante, poichè la somma algebrica di tutti i suoi valori, sia positivi che negativi darebbe zero.
Però se per esempio la sua semionda negativa si arrestasse a 50 Volt anzichè a 100, potremmo dire che tale grandezza, non più definibile come alternata, avrebbe un valore medio di 100-50= 50 Volt, con prevalenza ovviamente positiva. Il valore medio è quindi dato dalla differenza fra i valori positivi e quelli negativi.
Il valore massimo della grandezza è di 100 Volt, se lo consideriamo dallo zero, ma potremmo anche dire che il valore massimo, se considerato da picco a picco è di 200 Volt, poichè ai cento Volt positivi sommiamo i 100 Volt negativi quindi diremo che la tensione di fig. 5-5a ha un valore medio zero, un valore massimo di 100 Volt e un valore massimo picco picco (Vpp) di 200 Volt.

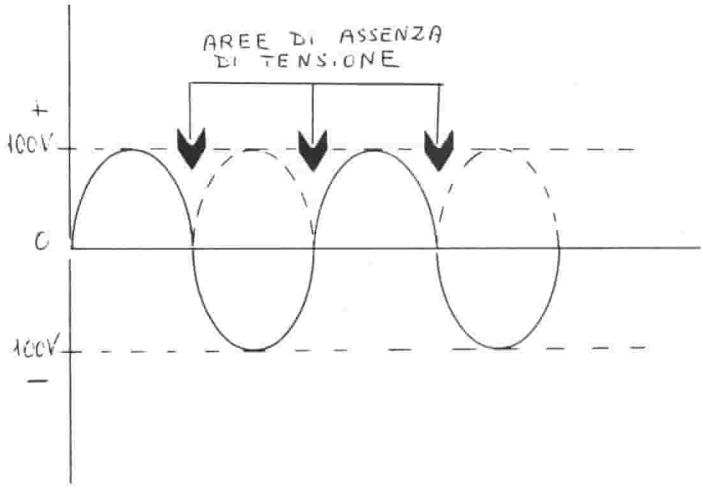


Fig. 5-6 Valore efficace di grandezza sinusoidale

Ora se noi applichiamo questa tensione ad una lampadina essa ci darà lo stesso effetto luminoso che avremmo applicandole una tensione continua di 100 Volt, perchè in ogni istante ad essa verrebbero applicati 100 Volt, positivi o negativi alterantivamente.

Se noi applichiamo invece alla lampadina la tensione alternata sinusoidale di fig. 5-5b, anch'essa con un valore massimo di 100 Volt la lampadina darà meno luminosità che quella ottenibile applicandole una tensione continua di 100 Volt, perchè il valore complessivo delle tensioni negative e positive presentate risulterebbe dato come dalla figura 5-6, nella quale l'effetto delle semionde negative è stato riportato in positivo.
Si può vedere che fra le semionde si verificano delle aree prive di tensione: il valore efficace di una grandezza alternata sinusoidale è quindi inferiore al

suo valore massimo.
Per ricavare il valore efficace di una grandezza alternata sinusoidale basta dividere il suo valore massimo per la radice quadrata di 2 ossia per il numero 1,41.
Nel caso di figura 5-5b potremo dire che il suo valore massimo è 100 Volt, il suo valore massimo picco picco è 200 Volt, mentre il suo valore efficace è 100:1,41= 70,921 Volt.
Tale calcolo per le correnti alternate sinusoidali è molto importante. Pensa infatti che la normale tensione della rete luce, data per 220 Volt, deve intendersi come valore efficace, pertanto il suo valore massimo sarà 220x1,414=311,08 Volt, ma collegando una lampadina alla rete luce tu avrai la stessa intensità luminosa che avresti collegandola ad un batteria (corrente continua) da 220 Volt.
Devi inoltre tener presente che se tu misurerai col tester una tensione alternata, avrai l'indicazione del suo valore efficace, inquanto la misura viene effettuata per raddrizzamento e l'indice dello strumento integra per inerzia gli spazi mancanti di tensione.
Non va inoltre scordato che il valore efficace è indipendente dalla frequenza, difatti una resistenza applicata ad una tensione alternata di valore efficace 100 Volt svilupperebbe il medesimo calore ottenibile con una tensione continua di 100 Volt ancorchè la frequenza della tensione alternata avesse un valore bassissimo.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 5

5-1 Una tensione alternata ha un periodo T di 0,016 secondi. Qual'è la sua frequenza in C/S?

5-2 Una tensione alternata ha una frequenza di 400 C/S. Quanto tempo impiega a compiersi un suo periodo T?

5-3 Qual'è la pulsazione "ω" di una tensione alternata sinusoidale di frequenza 300 C/S.

5-4 Qual'è la pulsazione "ω" di una tensione alternata sinusoidale avente periodo T di 0,004 secondi?

5-5 Una tensione alternata sinusoidale ha un valore massimo di 600 Volt. Qual'è il suo valore efficace?

5-6 Una tensione alternata sinusoidale ha un valore efficace di 280 Volt. Quale sarà il suo valore massimo? Quale il suo valore picco-picco?

5-7 Una tensione alternata di forma quadra, come quella di Fig. 5-5a ha un valore massimo di 250 Volt; qual'è il suo valore efficace?

5-8 Se voglio alimentare una lampada per auto costruita per corrente continua a 12 Volt, con una tensione alternata sinusoidale, quale sarà il valore massimo di questa tensione che si dovrà applicare per ottenere la normale resa della lampada?

RISPOSTE

5-1 62,5 C/S;;;
5-2 0,0025 Sec.;;;
5-3 ω = 1884,95;;;
5-4 ω = 1570,79;;;
5-5 = 424,26 V;;;
5-6 V max 395,97V;;; Vpp = 791,95 V;;;
5-7 250 V;;;
5-8 Vmax 16,97V;;;

CAPITOLO 6

- **Legge di Ohm per la corrente alternata**
- **Reattanza induttiva**
- **Reattanza capacitiva**
- **Impedenza**
- **Sfasamento fra tensione e corrente**
- **Potenza apparente e potenza reale**
- **Fattore di potenza**

LEGGE DI OHM PER LA CORRENTE ALTERNATA

Se tu prendi in mano un normale trasformatorino, del tipo di quelli impiegati per alimentare alla rete le piccole radio, potresti misurare la resistenza ohmica del primario, collegando i puntali del tester alla sua spina e noteresti valori di poche decine di ohm.
Tanto per fare un esempio pratico potresti misurare sul primario del tuo trasformatore una resistenza di 100 ohm. È chiaro che se tu lo collegassi ad una batteria da 220 Volt in esso scorrerebbe la corrente di

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{100} = 2{,}2 \text{ A}$$

e la potenza che dissiperebbe sarebbe data da $W = I \times V = 220 \times 2{,}2 = 484$ Watt, alla quale sicuramente si brucierebbe, essendo dimensionato per reggere solo qualche decina di Watt.
Ma il trasformatore è fatto per funzionare soltanto con tensioni **alternate** e potrai ben constatare che se lo collegherai alla presa luce da 220 Volt, ponendovi in serie il tester disposto per misure di corrente alternata, misurerai, per esempio una corrente assorbita di soli 0,15 Ampere, ben lontani dai 2,2 Ampere che avresti con 220 Volt in continua.
Poichè la legge di Ohm è sempre valida puoi calcolare che il tuo trasformatore, collegato alla rete alternata di 220 Volt, presenta una resistenza di

$$R = \frac{220}{0{,}15} = 1467\ \Omega$$

mentre la resistenza per la corrente continua risulta di soli 100 ohm. Dovrai allora dire che, per le tensioni alternate, il tuo trasformatore non presenta più una resistenza, bensì una IMPEDENZA, designata col simbolo "Z", sempre espressa in Ohm, la quale è data come vedremo dalla somma vettoriale della semplice resistenza ohmica e delle reattanza opposta al passaggio di corrente alternata dalla induttanza L, tipica dalle bobine, che costituisce il primario del trasformatore.
La legge di Ohm è dunque valida anche per le tensioni e correnti alternate ma al parametro R, inteso come pura resistenza, va sostituito il parametro Z, impedenza del circuito sottoposto alla tensione alternata.

REATTANZA INDUTTIVA

Qualsiasi induttanza reagisce ad una tensione alternata con una sua tensione indotta, di segno opposto a quelle applicatale, come abbiamo constatato esaminando il fenomeno di autoinduzione.
La corrente che scorre quindi in una induttanza sottoposta ad una tensione alternata è determinata non più dalla pura resistenza dell'induttanza ma dalla somma di questa all'effetto reattivo della tensione autogenerata per induzione.
Se consideriamo una induttanza pura, teoricamente esente da resistenza, essa presenterà una reattanza tanto maggiore quanto è maggiore la frequenza della tensione alternata applicatale.
La reattanza di una induttanza si indica con il simbolo X_L ed è data dalle formule

$$X_L = 2\,\pi f L = \omega\, L$$

per esempio una induttanza di valore L= 0,1 HENRY, sottoposta ad una tensione alternata di 30 Volt e di frequenza f = 100 c/s presenterebbe una reattanza X_L pari a

$$X_L = 2\,\pi f L = 6{,}28 \times 100 \times 0{,}1 = 62{,}8\ \Omega$$

Se poi le medesima induttanza venisse sottoposta ad una tensione alternata di pari ampiezza (30 Volt) ma di frequenza 300 c/s essa presenterebbe una reattanza X_L pari a

$$X_L = 2\,\pi f L = 6{,}28 \times 300 \times 0{,}1 = 188{,}4\ \Omega$$

Vediamo dunque che a parità di valore efficace di tensione e di induttanza con una frequenza di 100 c/s avremo una corrente

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{30}{62{,}8} = 0{,}447\ A$$

mentre triplicando la frequenza avremo nella stessa induttanza una corrente

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{30}{188{,}4} = 0{,}159\ A$$

ossia ridotta di un terzo.
La corrente che scorre in una induttanza è quindi inversamente proporzionale alla frequenza della tensione applicata.
In questo calcolo, supponendo l'induttanza priva di resistenza, abbiamo considerato l'IMPEDENZA uguale alla reattanza, ossia $Z = X_L$, mentre in pratica nessuna induttanza è completamente priva di resistenza.

REATTANZA CAPACITIVA

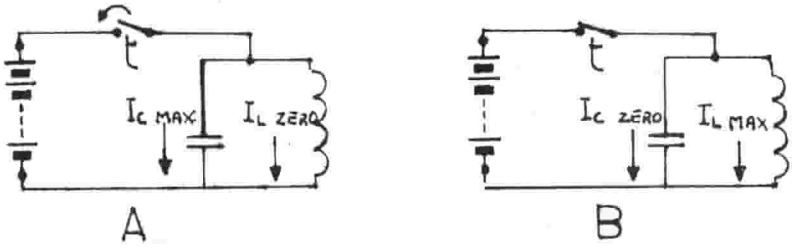


Fig. 6-1: Comportamento opposto di una capacità e di una induttanza sottoposti a tensione.

Supponiamo di realizzare il circuito di fig. 6-1 A, nel quale una capacità ed una induttanza vengono sottoposti, contemporaneamente ad una tensione. Nel primo istante di chiusura del circuito, mediante l'interruttore t, avremo una iniziale reazione per tensione indotta nella bobina che ostacolerà lo scorrere di corrente ad un valore prossimo a zero. Viceversa nel condensatore, supposto scarico, avremo una iniziale corrente massima, fino alla sua completa carica.
Trascorso il primo istante di chiusura le condizioni del circuito si capovolgeranno, come in fig. 6-1B - la bobina, non più influenzata da variazioni di campo magnetico, non autoindurrà più tensione contrastante presentando la sola resistenza pura e quindi verrà attraversata dalla massima corrente; mentre il condensatore, ormai carico presenterà una resistenza pressochè infinita, e verrà attraversato da una corrente quasi nulla.
Già da questo semplice esempio possiamo vedere che il condensatore si comporta in modo diametralmente opposto ad una bobina ÷ mentre per questa la reattanza aumenta all'aumentare dalla frequenza della tensione applicata, nel condensatore la reattanza diminuisce con l'aumentare della frequenza, la formula per determinare la reattanza $X_L = 2\pi fL$, viene rovesciata per determinare la reattanza di un condensatore indicata con il simbolo X_c

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

Non va trascurato l'importantissimo fenomeno di relazione al tempo nell'opposto comportamento di L e di C, infatti possiamo dire che la corrente in L arriva in ritardo, mentre in C arriva in anticipo, si tratta dunque di correnti con un tempo, possiamo anche dire con una fase, diametralmente opposta.
La reattanza capacitiva è dunque data da:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C}$$

Per esempio, se applichiamo una tensione di 30 Volt e di frequenza 50 c/s ad

un condensatore da 1μF, ossia, 0,000001 F esso presenterà una reattanza capacitiva X_c.

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 50 \cdot 0{,}000001} = \frac{1}{0{,}000314} = 3184{,}7\ \Omega$$

e per la legge di ohm scorrerebbe nel condensatore una corrente

$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{30}{3184{,}7} = 0{,}00942\ A$$

Se noi aumentiamo la frequenza da 50 c/s al valore di 150 c/s, la reattanza X_c, contrariamente a quanto avviene per la reattanza X_L nella induttanza, diminuirebbe. Infatti

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 150 \cdot 0{,}000001} = \frac{1}{0{,}000942} = 1061{,}5\ \Omega$$

e la corrente ne risulterebbe direttamente aumentata

$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{30}{1061{,}5} = 0{,}0282 \text{ Ampere (28,2 mA).}$$

Anche in questo esempio abbiamo considerato la capacità pura, esente da resistenza, ossia l'impedenza del condensatore uguale alla sua reattanza $X_c = Z$. In effetti la resistenza, intesa come resistenza di dispersione, ha un valore trascurabile nel condensatore, mentre essa è rilevante per la bobina.

IMPEDENZA

La legge di Ohm, per le tensioni alternate è valida se sostituiamo al valore di resistenza (R), quello più generale di impedenza (Z). Negli esempi trattati sulle reattanze induttive e capacitive abbiamo supposto che le resistenze, sia di L che di C fossero nulle e pertanto abbiamo fatto coincidere le reattanze con le impedenze (Z).
Per quanto riguarda le capacità ciò è accettabile, mentre per le induttanze è impossibile trascurare il valore puramente resistivo di una qualsiasi bobina, che può venire rappresentata come in fig. 6-2, dove Rp è la resistenza parassita.

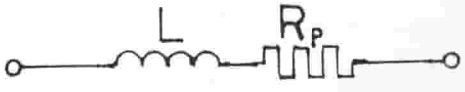


Fig. 6-2 Induttanza (L) posta in serie ad una resistenza pura Rp, (resistenza parassita).

Ponendo come esempio la L ad un valore di 0,1 HENRY e la Rp ad un valore di

25 Ohm, se applichiamo a questa serie una tensione alternata di frequenza 60 c/s avremo una X_L, data da $X_L = 2\pi fL = 6{,}28 \cdot 60 \cdot 0{,}1 = 37{,}68$ Ohm.
Verrebbe spontaneo il pensare che tale valore X_L andrebbe semplicemente sommato al valore di Rp, ma abbiamo visto che la corrente nella L è in ritardo rispetto alla tensione applicata, mentre nella resistenza è perfettamente in fase, sicchè la X_L e la Rp vanno sommate vettorialmente, con un angolo di sfasamento di 90°, come risulta da fig. 6-3, dove ogni centimetro corrisponde a 10 Ω.

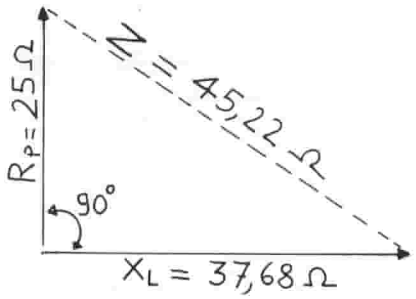


Fig. 6-3 somma vettoriale di X ed R.

L'impedenza Z è data, applicando l'antico teorema di Pitagora da

$$Z = \sqrt{Rp^2 + X_L^2}; \text{ ossia } Z = \sqrt{25^2 + 37{,}68^2} = \sqrt{625 + 1419{,}78} = \sqrt{2044{,}78} = 45{,}22$$

Z= 45,22 Ohm. La verifica del disegno di fig. 6-3 ci puo mostrare che la lunghezza del segmento Z corrisponde a 4,52 cm (10 Ohm ogni centimetro). Abbiamo dunque chiarito che una impedenza Z, costituita dalla somma vettoriale di una reattanza induttiva e di una resistenza pura ad essa in serie, si sommano secondo la formula

$$Z = \sqrt{X_L^2 + R^2}$$

nella quale l'impedenza (Z) indica il valore Ohmico presentato per la frequenza fissata, X_L la reattanza induttiva data da $X_L = 2\pi fL$; R la resistenza pura.
L'impedenza puo' però riguardare un intero circuito composto da vari elementi comunque collegati; per esempio condensatori, bobine e resistenze collegati nel più svariato modo, ma per la legge di Ohm essa è sempre data dal rapporto

$$\frac{V}{I} = Z$$

Vediamo comunque di calcolare l'impedenza per i casi più tipici.

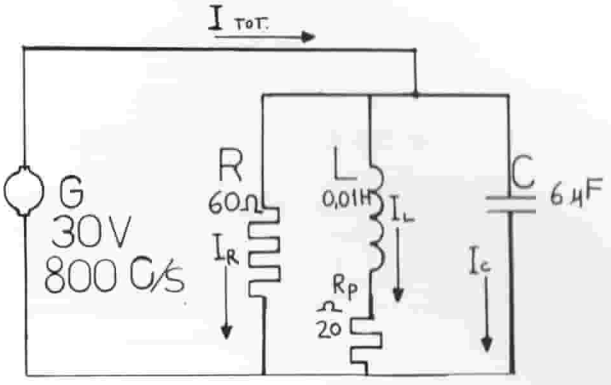


Fig. 6-4 Resistenza, induttanza e capacità in parallelo. Impedenza complessiva.

In fig. 6-4 abbiamo posto un parallelo di resistenza R, induttanza L comprendente anche la resistenza Rp, e capacità C, e abbiamo alimentato il complesso con un generatore G, di resistenza interna trascurabile e di tensione 30 Volt, con frequenza di 800 Hz.
La corrente in R, segue esattamente la fase della tensione applicata e sarà pertanto:

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{30}{60} = 0{,}5 \text{ A}$$

Per calcolare la corrente in L bisognerà prima ricavare la sua singola impedenza, visto che essa presenta anche una resistenza Rp per tanto

$$Z_L = \sqrt{X_L^2 + Rp^2}; \quad Z_L = \sqrt{(2\pi fL)^2 + Rp^2} = \sqrt{(50{,}26)^2 + 20^2} =$$

$$= \sqrt{2926} = 54 \ \Omega$$

in L, come pure in Rp, scorrerà per tanto una corrente data da

$$I_L = \frac{V}{Z_L} = \frac{30}{54} = 0{,}555 \text{ A}$$

Infine la corrente in C sarà data da

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

e poichè $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = 33{,}16\ \Omega$

$$I_c = \frac{30}{33{,}16} = 0{,}904\ A$$

Abbiamo dunque ricavato le tre correnti che percorrono i tre singoli componenti

$I_R = 0{,}5$ A

$I_L = 0{,}555$ A

$I_c = 0{,}904$ A

A questo punto potrebbe sembrare che queste tre correnti si possano sommare ottenendo la corrente complessiva I_{TOT}; in vero esse vanno sommate, ma VETTORIALMENTE.

Se prendiamo come riferimento la I_R, in perfetta fase con la tensione, e tracciamo il segmento corrispondente segnando 1 cm per ogni decimo di Amper, gli altri segmenti andranno sfasati rispettivamente in ritardo di 90° per la I_L e in anticipo di 90° per la I_c, come illustrato in fig. 6-5, dal quale si vede bene che la corrente di I_c è sfasata di 90+90= 180° gradi rispetto alla I_L.

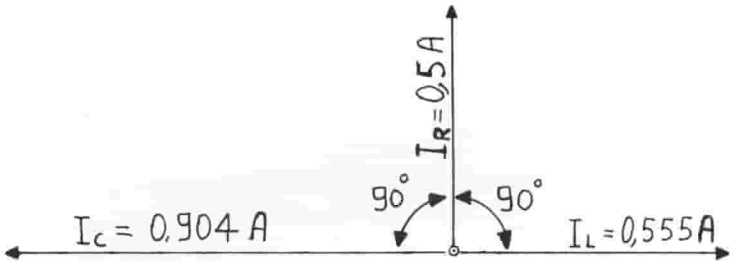


Fig. 6-5 Sfasamenti fre le tre correnti I_R, I_L, I_C

Poichè la corrente in I_c è maggiore di quella in I_L ne risulta ridotta:

$$I_c = 0{,}904 - 0{,}555 = 0{,}349\ A$$

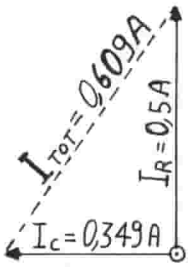


Fig. 6-6 Prevalenza di I_c su I_L e somma vettoriale di I_R ed I_c.

e ne risulterebbe la somma vettoriale di fig. 6-6 dove il grafico risponde ancora al teorema di Pitagora e la

$$I_{TOT} = \sqrt{I_c^2 + I_R^2} = \sqrt{0{,}1218 + 0{,}25} = \sqrt{0{,}3718} = 0{,}609 \text{ A.}$$

Questa è dunque la corrente totale che potremo misurare ponendo un tester disposto quale amperometro per corrente alternata in serie al generatore G.
Per tanto l'impedenza Z presentata al generatore sarà

$$Z = \frac{V}{I_{TOT}} = \frac{30}{0{,}609} = 49{,}26\ \Omega$$

Se per ipotesi il valore di I_L avesse coinciso con quello di I_c, ipotesi realizzabile diminuendo opportunamente il valore di C, le due correnti si sarebbero annullate e l'impedenza del circuito sarebbe rimasta esclusivamente costituita da R, ossia sarebbe stata Z=60 Ohm. In questo caso avremmo realizzato la condizione di **risonanza in parallelo,** nella quale appunto non essendovi prevalenza nè di X_L nè di X_c, le correnti si annullano a vicenda a causa del loro sfasamento di 180°. Analogo risultato otterremo ovviamente aumentando il valore di L opportunamente fino a far comunque coincidere le due correnti I_c ed I_L.
Esaminiamo ora un altro interessante caso: i tre elementi vengono posti in serie ed alimentati dallo stesso generatore come in fig. 6-7.

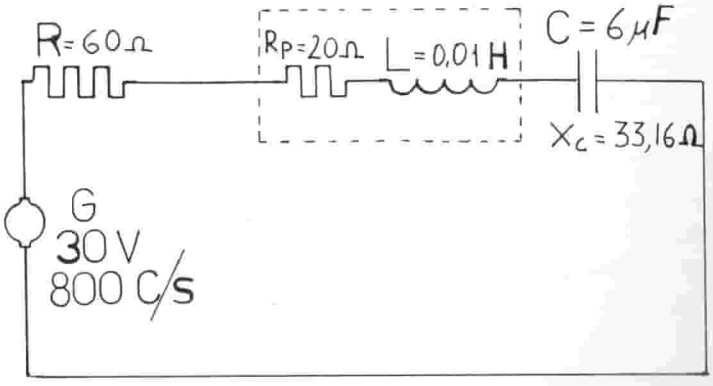


Fig. 6-7 Elementi in serie.

In questo caso la corrente è unica per tutti gli elementi. Mentre per il circuito in parallelo abbiamo tracciato il grafico vettoriale delle singole correnti, per poterle sommare e ricavare così la corrente complessiva, mediante la quale ultima ricavare l'impedenza, nel caso della serie traccieremo i segmenti in relazione ai valori Ohmici delle singole reattanze e resistenze, sempre tenendo presenti gli sfasamenti con cui esse operano.

Ne risulta il grafico di fig. 6-8 nel quale abbiamo una prevalenza di X_L su X_c, il segmento X_c è stato riportato quindi in X_L al quale va sottratto essendo opposto in fase. Ne rimane che il tratto X_L-X_c si somma vettorialmente al tratto della resistenza complessiva data dalla somma di R+Rp.
Anche questo caso è verificabile graficamente con il teorema di Pitagora per cui:

$$Z = \sqrt{(X_L - X_c)^2 + (R + Rp)^2} = \sqrt{17{,}1^2 + 80^2} = \sqrt{6692{,}41} = 81{,}80\ \Omega$$

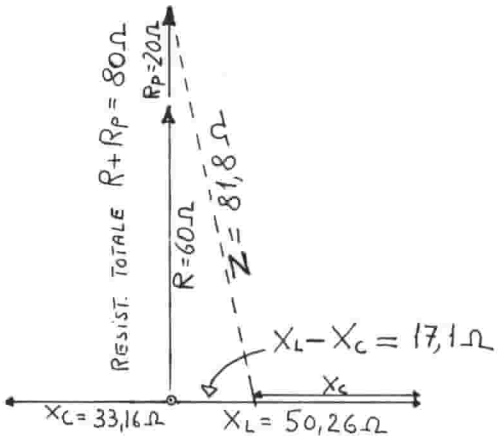


Fig. 6-8 Impedenza risultante per le diverse reattanze ed resistenze sommate vettorialmente.

Anche dal grafico risulta confermato il calcolo effettuato, e potremmo dire che la impedenza Z complessiva presentata al generatore G è di 81,80 Ω.
Anche in questo caso, se la X_c fosse risultata identica alla I_L la corrente sarebbe risultata determinata dalle sole somme delle due resistenze Rp ed R (80 Ω) con il risultato che la corrente sarebbe stata massima, anzichè minima come nel caso del parallelo. Avremmo così realizzata la condizione **di risonanza in serie.**
La sempre valida legge di Ohm ci potrebbe dire che nel circuito dell'esempio la corrente erogata da G sarà I=

$$\frac{V}{Z} = \frac{30}{81{,}8} = 0{,}366\ A$$

Questi 0,366 Ampere attraversano ogni elemento di questo circuito per cui potremmo misurare ai capi di R una tensione data da

$V_R = I.\ R = 0{,}366 \times 60 = 21{,}96\ V$

ai capi di L una tensione

$V_L = I.\ Z_L = 0{,}366 \times 54 = 19{,}76\ V$

ai capi di C una tensione

$$V_c = I. X_c = 0{,}366 \times 33{,}16 = 12{,}13 \text{ V}$$

In alcuni casi le tensioni misurabili ai capi delle singole reattanze potrebbero risultare molto maggiori della tensione del generatore, mentre le loro differenze ($VX_L - VX_c$, oppure $VX_c - VX_L$) ne risulterebbero sempre inferiori. L'impedenza ci consente dunque di applicare la legge di Ohm per circuiti in regime di tensione alternate. Essa ha una grandissima importanza sia in elettrotecnica che in radiotecnica.

SFASAMENTO FRA TENSIONE E CORRENTE

Abbiamo tracciato l'andamento della tensione e corrente in un condensatore collegato ad un generatore di tensione alternata sinusoidale. Osservando la fig. 6-9 possiamo constatare che all'istante A la tensione applicata alla armatura ha raggiunto il massimo, il condensatore è ormai carico e non assorbe più corrente pertanto la corrente è zero, successivamente la tensione cala verso il punto B e il condensatore rende la sua carica in senso contrario fino a quando, al punto B, la sua corrente negativa sarà massima e la tensione ad esso applicata sarà zero.

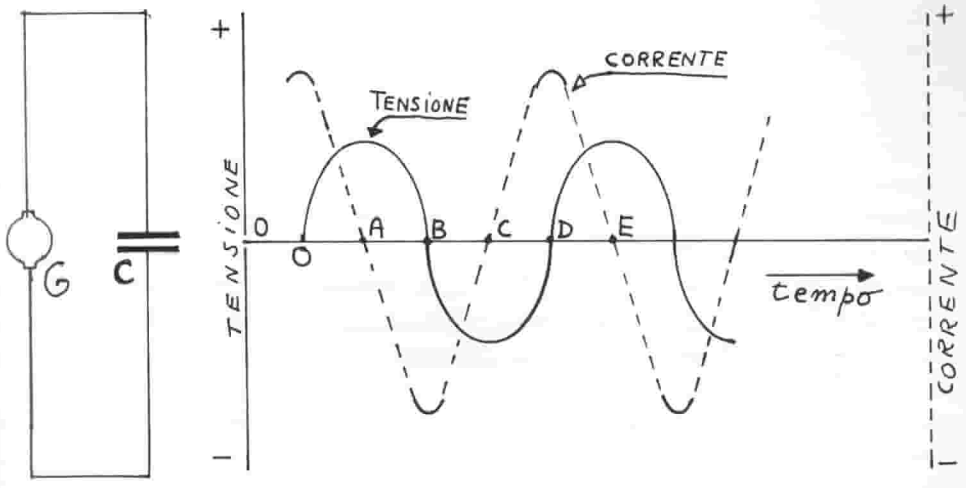


Fig. 6-9 Sfasamento fra tensione e corrente in un condensatore.

Dal punto B la tensione comincia ad aumentare in negativo, la corrente nel condensatore cala con la sua carica che risulta completa alla massima tensione negativa del punto C. Al calare della tensione verso il punto D il condensatore rende la sua carica determinando corrente in positivo che raggiunge il massimo al punto D, e successivamente, all'aumentare della tensione in positivo si ricarica fino ad assorbire corrente zero, punto E. Risulta chiaro che lo sfasamento fra corrente e tensione è di 90° e che il condensatore riceve corrente prima di poter presentare alle sue armature

una tensione, pertanto in un condensatore la corrente **è in anticipo sulla tensione.**

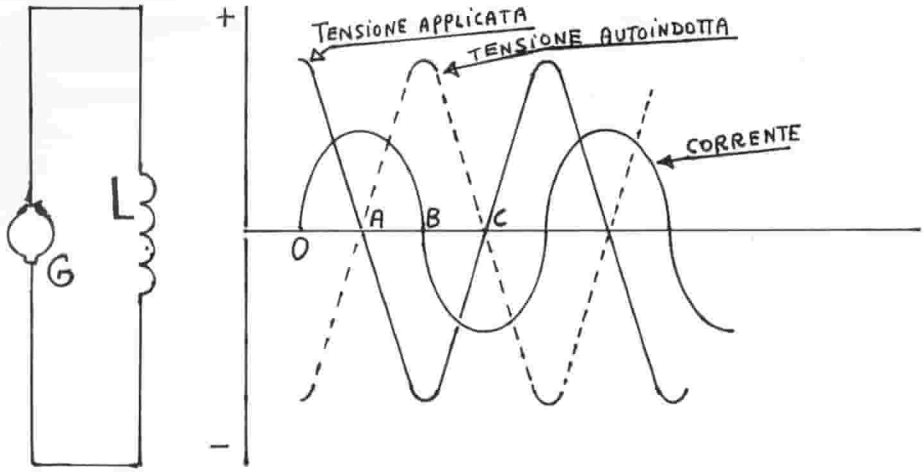


Fig. 6-10 Sfasamento fra tensioni e corrente in una induttanza.

L'andamento della corrente in una induttanza è diverso che in un condensatore, come può vedersi in fig. 6-10. Innanzitutto entra in gioco la tensione indotta con cui l'induttanza reagisce alla tensione applicatale, a causa della quale alla massima tensione applicatale, corrisponde nel medesimo istante la massima tensione indotta, di segno contrario, sicchè la corrente risulta nulla.
Al decrescere delle tensione applicata corrisponde l'aumentare della corrente che raggiunge il suo massimo quando la tensione applicata e la tensione indotta si sono annullate, al punto A.
Dal punto A la tensione applicata inizia a crescere in negativo e di conseguenza la tensione indotta cresce in positivo mentre la corrente diminuisce fino ad annullarsi al punto B, dove abbiamo la massima tensione negativa applicata e la massima tensione positiva indotta.
Dal punto B la tensione negativa applicata inizia a decrescere e la corrente inverte il suo senso diventando negativa fino a raggiungere il suo massimo negativo al punto C, dove la tensione applicata è scesa a zero, come pure l'opposta tensione indotta.
La corrente nell'induttanza risulta quindi sfasata di 90° in ritardo rispetto alla tensione applicata a differenza di quanto avviene nel condensatore, dove la corrente è sfasata di 90° gradi in anticipo rispetto alla tensione applicata.
Abbiamo anche visto che in un circuito comprendente condensatori ed induttanze le reattanze, avendo fasi opposte tendono ad annullarsi a vicenda nei circuiti in serie, mentre tendono ad annullarsi le correnti nei circuiti in parallelo.
Possiamo dire che gli sfasamenti provocati da induttanze e da capacità sono comunque di 90° (in anticipo o in ritardo) rispetto alla corrente in una

resistenza pura.
Tuttavia bisogna tener presente che le tensioni e correnti fra vari componenti di un circuito presentano fra loro sfasamenti vari perchè ogni componente va considerato come una complessiva impedenza singola, soprattutto per quanto riguarda la induttanza dove la X_L si somma vettorialmente alla Rp.
Meglio di qualunque enunciazione teorica, un esempio pratico può chiarire i fenomeni di sfasamenti che si verificano fra varie tensioni in un circuito.

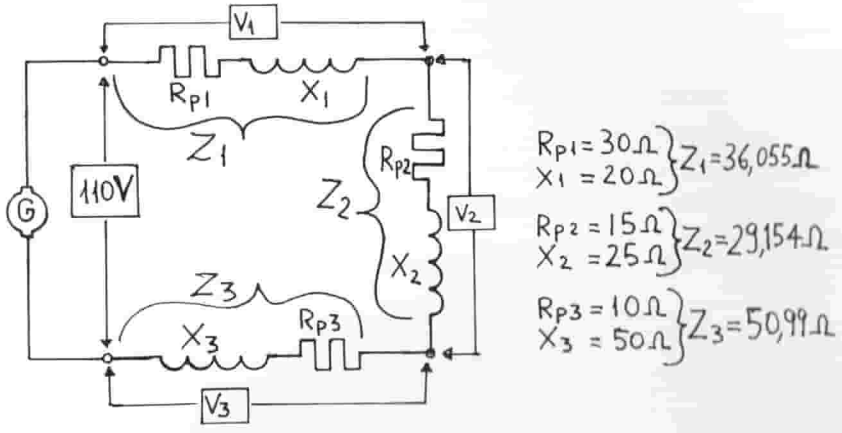


Fig. 6-11 Esempio di comportamento di tre impedenze poste in serie e loro diverse tensioni e sfasamenti.

In fig. 6-11 tre induttanze sono collegate in serie, ciascuna di esse presenta una propria resistenza di perdita Rp, sicchè ciascuna bobina è già di per sè una impedenza, come calcolato per ognuna a lato della figura.
Se vogliamo calcolare l'impedenza complessiva dell'intera serie (Z_{TOT}) dovremmo come già visto sommare vettorialmente la somma delle tre componenti resistive con quella delle tre componenti reattive, quindi.

$$Z_{TOT} = \sqrt{(Rp_1+Rp_2+Rp_3)^2 + (X_1+X_2+X_3)^2}$$

e avremo $Z_{TOT} = \sqrt{55^2+95^2} = \sqrt{12050} = 109{,}772\ \Omega$.

Poichè al generatore G, erogante 110 Volt, va applicata una impedenza complessiva (Z_{TOT}) di 109,772 Ω, possiamo calcolare, per la legge di Ohm la corrente che percorre l'intera serie.

$$I = \frac{V}{Z_{TOT}} = \frac{110}{109{,}772} = 1{,}002\ A$$

Questa corrente I attraversa ogni componente della serie, pertanto, sempre per la legge di Ohm, possiamo calcolare le tensioni che avremo agli estremi di ogni singolo componente, nonchè le tensioni di ogni impedenza.

$V_{Rp1} = I.R_{p1} = 30{,}06\ V$

$V_{X1} = I.X_1 = 20{,}04$ V
$V_1 = I.Z_1 = 36{,}13$ V

$V_{Rp2} = I.R_{p2} = 15{,}03$ V
$V_{X2} = I.X_2 = 25{,}05$ V
$V_2 = I.Z_2 = 29{,}21$ V

$V_{Rp3} = I.R_{p3} = 10{,}02$ V
$V_{X3} = I.X_3 = 50{,}10$ V
$V_3 = I.Z_3 = 51{,}09$ V

Il calcolo matematico è così completo, ma ora vedremo di rappresentarlo graficamente, tracciando dei vettori di lunghezza pari ad 1 mm per ogni Volt e partendo dal riferimento della corrente in fase con la tensione per la resistenza pura.

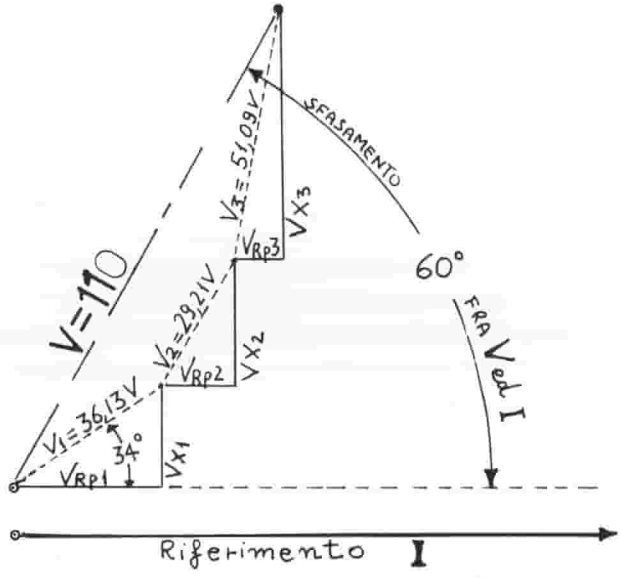


Fig. 6-12 Grafico riproducente il calcolo delle tensioni relative alla fig. 6-11. (1 mm = 1 Volt)

Si vede chiaramente dal grafico che tutte le tensioni ai capi delle resistenze, in fase con la I, si sommano vettorialmente alle tensioni ai capi delle reattanze, sfasate di 90° rispetto alle I, però le rispettive tensioni ai capi delle impedenze (V_1, V_2, V_3) risultano sfasate in varia misura, rispetto alla I, come pure rispetto alla V applicata all'intero circuito.
Ad esempio la V_1 risulta sfasata rispetto le I di 34°, mentre lo sfasamento fra la I e la V applicata all'intero circuito risulta di 60°.
Esiste anche il sistema per calcolare i vari sfasamenti ricorrendo a calcoli trigonometrici, ma il calcolo per via grafica ci consente ugualmente di verificare, con l'aiuto di un semplice goniometro i vari angoli di sfasamento

e, anche se tali calcoli molto raramente si sentono necessari nella pratica radiotecnica, l'esempio di fig. 6-12 può essere preso in ogni caso quale **sistema fondamentale per la completa analisi di relazioni di fase in circuiti** alimentati a corrente alternata.

POTENZA APPARENTE E POTENZA REALE

Abbiamo trattato i parametri tensione e corrente in regime alternato, ma non abbiamo ancora vagliato la loro relazione con la potenza, espressa in Watt, che può essere assorbita e quindi dissipata in calore oppure spesa in lavoro da un circuito compredente induttanza e capacità, sottoposto a tensione alternata.
Va subito sottolineato che un condensatore perfetto o una induttanza perfetta (senza resistenza di perdita), se collegati ad una tensione alternata non dissipano alcuna potenza.
È pur vero che una induttanza immagazzina un'energia data da

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2_M$$

dove I_M è il valore massimo della corrente, mentre un condensatore immagazzina una energia

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V^2_M,$$

dove V_M è il valore massimo della tensione, ma tali energie non vengono dissipate nè in calore nè in lavoro, per cui vengono rese alla linea sottoforma di tensione o di corrente immagazzinate.

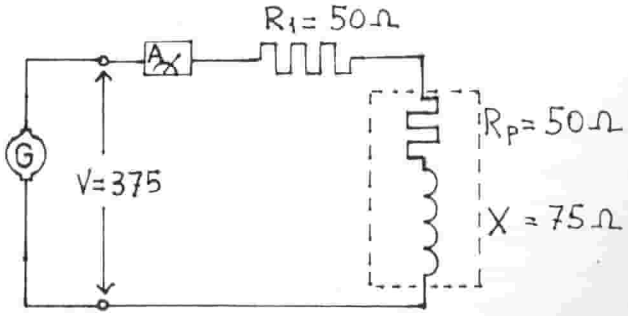


Fig. 6-13 Potenza apparente e potenza reale in un circuito comprendente resistenza ed induttanza alimentato in tensione alternata.

La dissipazione avviene dunque soltanto per le Resistenze.
Un amperometro posto in serie ad un circuito alimentato da tensione alternata ci darà una indicazione complessiva sia degli Ampere effettivamente dissipati che degli Ampere resi dalle induttanze e capacità del circuito, sicchè

potremmo al massimo sapere che il circuito non può dissipare più potenza di quella data del prodotto V•I, ma con ciò non sapremmo l'effettiva energia consumata dal circuito.
L'esempio trattato sulla fig. 6-13 può chiarire i concetti e le relazioni fra potenza apparente e potenza reale.
Il generatore G applica all'intera serie una tensione V = 375 Volt.
L'impedenza del circuito si calcolerà con la nota formula basata sul teorema di Pitagora ossia

$$Z = \sqrt{(Rp+R_1)^2 + X^2}$$

ed avremo $Z = \sqrt{(50+50)^2 + 75^2} = \sqrt{100^2+75^2}$

quindi $Z = 125\ \Omega$

la corrente in gioco nel circuito sarà data da

$$\frac{V}{Z} = \frac{375}{125} = 3\ A.$$

Sull'amperometro A leggeremo appunto 3 Ampere, ma tale valore comprende anche la corrente resa dalla induttanza, per cui l'effettiva dissipazione (in calore) dal circuito è data soltanto dallo scorrere di questi 3 Ampere in R_1 ed in Rp, che possiamo considerare, essendo in serie, come una sola resistenza $R_1+Rp = 100\ \Omega$. La tensione complessiva ai capi di $R_1 + Rp$ sarà:

$V_R = 100 \cdot 3 = 300\ V$

e la potenza dissipata complessivamente dalle resistenze sarà

$$W = V_R I = 300 \cdot 3 = 900\ W$$

900 Watt costituiscono dunque la **potenza reale** assobita da questo circuito, mentre la **potenza apparente,** data dal prodotto V•I sarà 375•3 = 1125 che non definiremo più come Watt ma come VA (Volt-Amper).
Già da questo esempio risulta intuitivo che la potenza reale non può mai essere maggiore di quella apparente e che per un calcolo della potenza reale si rende necessario conoscere non solo l'impedenza complessiva del circuito data dal rapporto

$$Z = \frac{V}{I}$$

ma i singoli valori resistivi e reattivi, oppure l'angolo di sfasamento fra tensione e corrente, come subito vedremo.

Prendendo ancora ad esempio la trattazione e il calcolo relativo a fig. 6-13, possiamo tracciare il solito diagramma vettoriale dei valori in Ohm, considerando ogni Ohm pari ad 1 mm, nel disegno

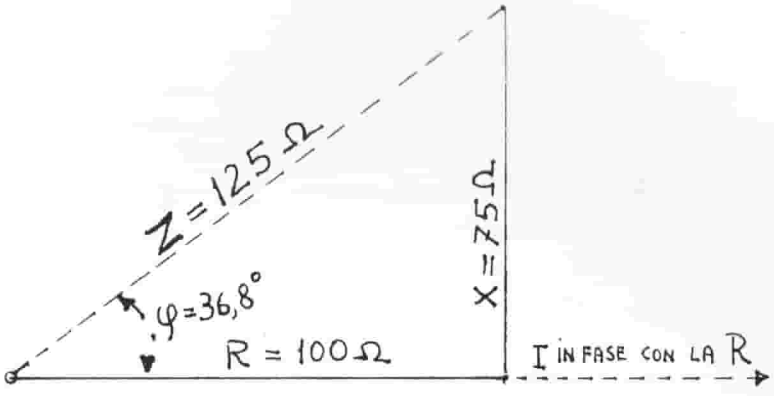


Fig. 6-14 Angolo di sfasamento fra R e Z.

abbiamo visto dal calcolo che la potenza apparente è di 1125 Va, mentre la potenza reale è di 900 Watt, il rapporto fra potenza reale e potenza apparente si chiama **Fattore di potenza,** nel caso in esame il Fattore di potenza=

$$= \frac{900}{1125} = 0{,}8$$

esso corrisponde anche al rapporto fra la R complessiva e la Z del circuito, infatti:
Fattore di potenza=

$$= \frac{R}{Z} = \frac{100}{125} = 0{,}8$$

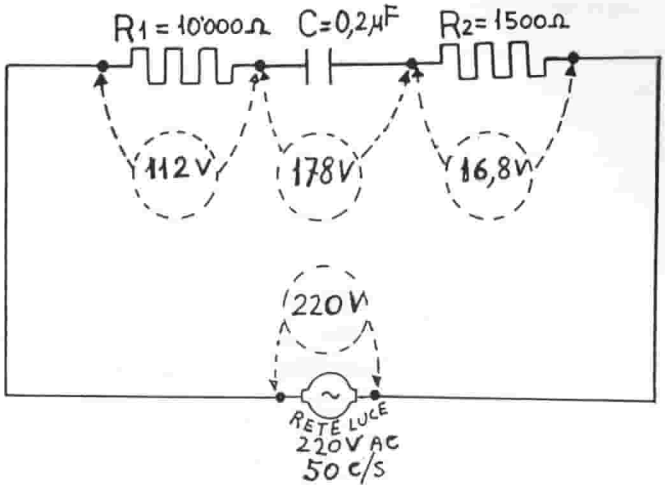
Per ottenere la potenza reale basta moltiplicare il fattore di potenza per la potenza apparente, infatti 1125x0,8= 900 Watt.
Il fattore di potenza viene usualmente definito trigonometricamente come il coseno dell'angolo fra R e Z, come illustrato in 6-14.
Basta misurare con un goniometro l'angolo fra Z ed R per constatare che esso è appunto 36,8 gradi circa, il cui coseno corrisponde appunto a 0,8.
Ma trascuriamo la trigonometria, accontentandoci di ricordare che **Fattore di potenza** (detto anche cosφ) =

$$\frac{\textbf{Potenza Reale in Watt}}{\textbf{Potenza apparente in VA}} \quad \text{oppure} = \quad \frac{R}{Z}$$

Le aziende produttrici di energia elettrica hanno vantaggio nell'erogare correnti le più basse possibili onde ottenere la minor dissipazione sulle proprie linee di distribuzione.
Se, per ipotesi, tutti gli utenti utilizzassero apparecchiature con fattore di potenza 0,5 l'azienda dovrebbe erogare una corrente doppia di quella necessaria, per il medesimo utilizzo di potenza fornita (e quindi di consumo in chilowatt-ora riscosso).
Per questo motivo le aziende elettriche pretendono che i grandi utenti, quali: fabbriche che impiegano grossi motori, officine che usino macchinari elettrici di alta potenza ecc., provvedano a "rifasare" le proprie linee per ottenere fattori di potenza quanto più prossimi ad 1.
Il rifasamento si ottiene in genere collegando in parallelo alla stessa linea dei condensatori di valore tale da compensare la reattanza induttiva degli utilizzatori, con pari reattanza capacitiva: si tenta in pratica d'avvicinarsi alle condizioni di risonanza!

ESPERIMENTI - 3 -

Procurati due resistenze ed un condensatore e realizza il circuito in serie della figura 6-15.
Accertati che il condensatore offra una tensione di lavoro di almeno 250 V, diversamente potrebbe danneggiarsi. Nel collegamento del circuito alla rete elettrica domestica, abbi cura di evitare contatti accidentali con i componenti.



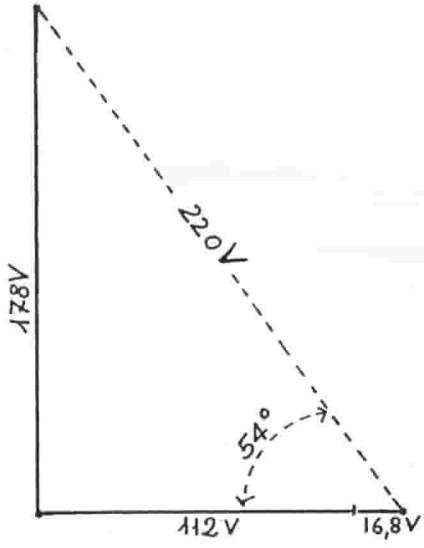


Fig. 6-15: circuito in serie; misure e relativo grafico

I valori delle due resistenze e del condensatore potranno essere diversi da quelli

dell'esempio, nel qual caso le tensioni che misurerai con il tuo tester disposto per lettura di tensione alternata, saranno ovviamente diverse da quelle indicate in figura, che comunque tu registrerai con precisione, prima di iniziare le considerazioni che andremo a svolgere.

Cosa balza all'occhio come primo fenomeno?

1) La somma delle tensioni misurate ai capi di ciascun componente non corrisponde alla tensione applicata all'intero circuito, come dovrebbe essere qualora i tre componenti costituenti la serie fossero resistenze pure: ciò significa che il circuito presenta **reattanza**

2) Come ogni circuito in serie, il nostro è percorso da un'unica corrente che attraversa ogni componente. Tale corrente è facilmente calcolabile con la legge di Ohm mediante il semplice rapporto fra la tensione misurata ai capi di un qualsiasi componente e il suo valore resistivo. Poiché il valore di reattanza di C ci è ancora ignoto, conviene considerare la tensione ai capi di R_1:

$$I = \frac{112}{R_1} = \frac{112}{10.000} = 0{,}0112\text{A}$$

che corrisponderà al rapporto relativo ad R_2;

$$I = \frac{16{,}8}{R_2} = \frac{16{,}8}{1.500} = 0{,}0112\text{A}$$

sapendo così, con certezza, che la corrente nel circuito è di 0,0112 A, verificabile anche mediante una semplice misura con il tuo tester, posto in serie alla presa di corrente domestica, possiamo subito calcolare l'impedenza (z) dell'intero circuito:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{220}{0{,}0112} = 19643 \text{ Ohm}$$

3) La reattanza (Xc) del condensatore è ora facilmente calcolabile, sempre con la legge di Ohm:

$$Xc = \frac{178}{0{,}0112} = 15893 \text{ Ohm}$$

essa corrisponde alla reattanza calcolabile con la formula:

$$Xc = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot c} = 15893 \text{ Ohm}$$

(va tenuto conto della tolleranza nell'indicazione di capacità di C)

4) Avendo i valori di impedenza (z) del circuito e il valore di resistenza pura totale

($R_1 + R_2$) ci è facile calcolare il fattore di potenza (cos φ)

$$\text{Cos } \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{11500}{19643} = 0{,}585$$

E quindi possiamo calcolare che mentre la potenza apparente del circuito è:

V/A = V • I = 220 • 0,0112 = 2,464 W

la potenza realmente dissipata, data da

V • I cos φ= W = 220 • 0,0112 • 0,585 = 1,441 W

Infatti, l'energia di circa 1 watt assorbita da C, viene da esso restituita alla rete e quindi non dissipata in calore, come invece avviene per le resistenze.

5) Tralasciando ogni formula, possiamo utilizzare le semplici tensioni, misurate con il tester, per tracciare un grafico, disegnando un millimetro per ogni volt (o qualunque altra scala) che ci fornirà l'esatto angolo si sfasamento fra la tensione reattiva (del condensatore) e quella puramente resistiva (delle resistenze), poiché sappiamo che le due tensioni partono sfasate di 90° otterremo il grafico riportato in figura, nel quale l'angolo, misurato con un rapportatore, risulta di circa 54°; ciò conferma l'esattezza del nostro precedente calcolo (cos φ 54°=0,585).

6) Prova a disporre nel circuito di fig. 6-15 componenti di valore diverso, misura le tensioni ai loro estremi e ripeti il calcolo, tracciando alla fine, il grafico per il rilievo dell'angolo di sfasamento.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 6

6-1 Quale reattanza induttiva (X_L) presenterà una induttanza di 3 HENRY ad una tensione alternata di frequenza 60 c/s?

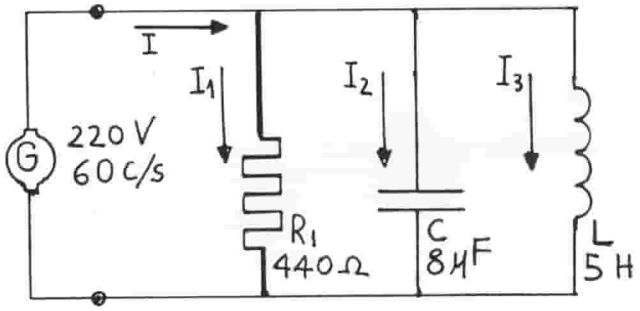
6-2 Quale reattanza induttiva (X_L) presenterà una induttanza di 0,5 HENRY ad una tensione alternata di frequenza 25 c/s? aumentando la frequenza della tensione a 250 c/s quale reattanza presenterà la bobina?

6-3 Quale reattanza capacitiva (X_c) presenterà un condensatore di 4 μF (0,000004 Farad) alla tensione alternata di 300 c/s?

6-4 Quale impedenza (Z) presenta una induttanza pura di 2 HENRY posta in serie ad un resistenza da 50 Ω?; alimentando questa serie con una tensione alternata a 60 c/s, la tensione di 220 Volt, quale corrente scorrerà nel circuito?

6-5 Una serie composta da una induttanza pura da 2 HENRY e da un condensatore da 4μF è alimentata con una tensione di 30 Volt, 60 c/s.
Quale corrente scorrerà in questa serie? Che valori di tensioni misureremmo ai capi di C e ai Capi di L?

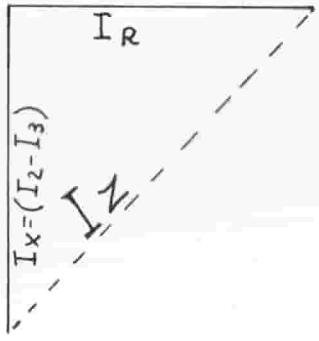
6-6 Nel circuito di figura calcolare la impedenza dell'intero circuito e le tre correnti I_1, I_2, I_3. Calcolare la corrente I. Tracciare un grafico che rappresenti la somma vettoriale di I_{R1} I_X con segmenti di 1 cm per 0,1 A.



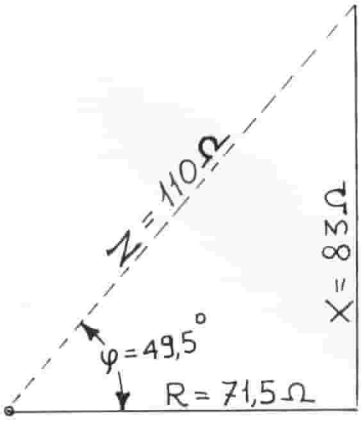
6-7 Un motorino elettrico per ventilatore, collegato alla rete luce di 220 Volt 50 c/s attraverso un amperometro posto in serie sembra assorbire 2 Amper, per cui la potenza apparente risulta 440 VA. Sapendo che il suo fattore di potenza è 0,65, qual'è la potenza reale assorbita dal motorino? Qual'è la resistenza del motorino?

RISPOSTE

6-1 = 1130,97 Ω
6-2 = 78,540 Ω; 785,4 Ω
6-3 = 132,63 Ω
6-4 = 755,63 Ω
6-5 = 0,330A; V_c = 219,011 V; V_L = 249,011 V
6-6 = I_1 = 0,5A; I_2 = 0,6635A; I_3 = 0,1167A; I = 0,740 A



6-7 = 286 W; 71,5 Ω
Dal grafico (1mm ogni Ohm) si rileva che la X è circa 83 Ω.



Tracciare il grafico della impedenza e resistenza impostando l'angolo di sfasamento per il fattore di potenza a 49,5° (che corrisponde a cos φ 0,65) e rilevare dal grafico la reattanza.

CAPITOLO VII

- **Correnti non sinusoidali**
- **Componenti armoniche**
- **Effetti fisiologici della corrente elettrica**
- **Norme di protezione e di soccorso**

CORRENTI NON SINUSOIDALI

Le varie grandezze alternate che nella pratica interessano i circuiti elettrici generalmente si accostano alla forma sinusoidale, ma in molti casi vengono a formarsi grandezze di forma molto diversa dalla sinusoidale, la cui analisi teorica risulta piuttosto complessa.
Nella fig. 7-1 abbiamo posto due generatori di tensione alternata, di diversa frequenza ed ampiezza, in serie. La tensione risultante ci fornisce un esempio di grandezza alternata non sinusoidale, composta tuttavia da due

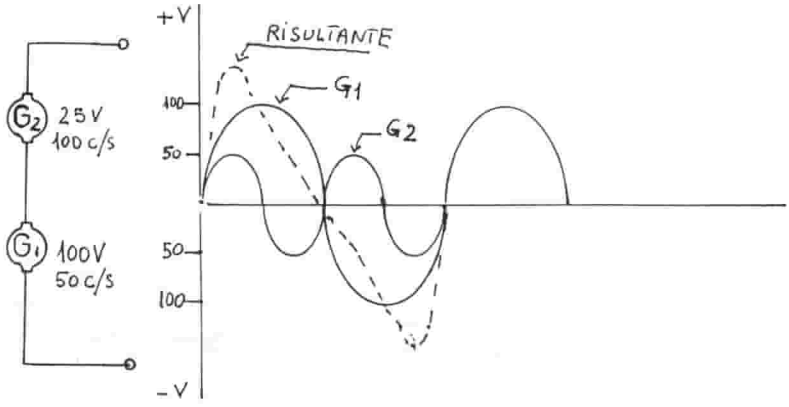


Fig. 7-1 Tensione risultante da due diverse grandezze alternate sinusoidali.

grandezze perfettamente sinusoidali. Risulta facilmente intuibile che per ogni diversa ampiezza o frequenza di G2 avremo una tensione risultante di forma diversa, essendo essa data dalla somma, istante per istante delle ampiezze dei due generatori; rovesciando il ragionamento potremmo anche affermare che ogni grandezza alternata, di qualunque forma, può sempre esser prodotta mediante l'opportuna sovrapposizione di diverse grandezze sinusoidali.
Va subito notato come una induttanza posta in serie ad un circuito alimentato da una tensione come quella di fig. 7-1 presenterebbe una reattanza doppia per le frequenze di G2, rispetto a quella di G1, sicchè la corrente verrebbe ravvicinata alla forma sinusoidale che rimane in pratica quella tipica di tutti i circuiti nei quali sia presente induttanza.
Talune deformazioni delle sinusoidi talvolta vengono prodotte appositamente per sfruttare le cosidette armoniche di una certa frequenza fondamentale.

LE COMPONENTI ARMONICHE

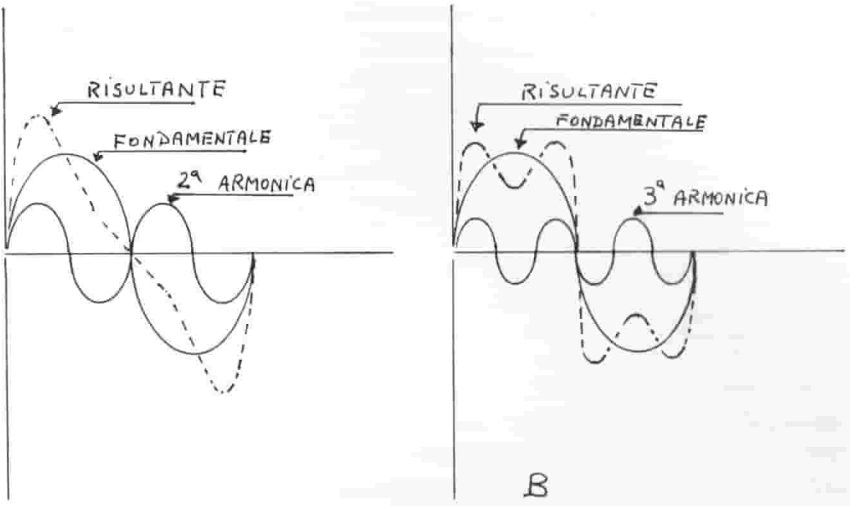


Fig. 7-2 Componenti armoniche sinusoidali e loro risultante.

In fig. 7-2/A abbiamo riprodotto la risultante come dalla fig. 7-1. Chiameremo fondamentale la frequenza più bassa, alla quale corrisponde anche le risultante, e chiameremo 2° armonica la componente che ha appunto una frequenza doppia della fondamentale.
Nella fig. 7-2/B abbiamo invece una fondamentale e una 3° armonica quale componente, ossia un'ampiezza di frequenza tripla della fondamentale: la risultante presenterà una forma come in figura, con due pacchi in corrispondenza ai valori massimi, della componente di 3° armonica. Come semplice analisi va notato che
1 - Le tensioni alternate che si incontrano in pratica **sono sprovviste di armoniche pari** (2° - 4° - 6° armonica).
2 - Se una curva periodica qualunque si riproduce identicamente in ogni semiperiodo, con la sola inversione del segno, essa **non può contenere armoniche di ordine pari.**
3 - Poichè le componenti armoniche risultano sfasate a settori di 90° la risultante grandezza, in valore efficace, di qualunque forma alternata, sarà sempre data dalla radice quadrata della somma aritmetica dei quadrati dei valori efficaci delle singole armoniche componenti. (In altre parole la somma vettoriale delle tensioni o delle correnti delle singole armoniche dà il valore della risultante).
4 - Il valore efficace risultante **è indipendente** dalle relazioni di fase e dall'ordine delle armoniche, esso dipende conclusivamente dalle relative ampiezze.
In conclusione, qualsiasi forma d'onda alternata, comunque complessa **può sempre venire scomposta in una fondamentale e in un certo numero di armoniche.**

EFFETTI FISIOLOGICI DELLA CORRENTE ELETTRICA

Che la corrente elettrica sia pericolosa è cosa nota anche a chi non è addentrato nei fenomeni elettrici; quasi a tutti è successo di "prendere la scossa", con la ben nota poco piacevole sensazione.
Il passaggio di corrente attraverso un corpo umano produce effetti vari, che in taluni casi possono anche essere benefici come quelli tentati nelle famose prove di elettroshok, per le cure di malattie nervose; tali effetti variano notevolmente in funzione sia delle frequenze impiegate, sia delle correnti in gioco.
Va ricordato che la pericolosità consiste solo nella corrente, non nella tensione applicata. Se una persona toccasse con due dita della mano due poli di una tensione anche molto elevata, ma la sua pelle avesse caratteristiche tali da presentare una resistenza elevatissima, la circolazione di corrente risulterebbe minima se non anche nulla, e l'effetto fisiologico e di sensazione nella persona ugualmente nullo, mentre se la stessa toccasse la medesima tensione con un altra parte del corpo la cui pelle presentasse resistenza inferiore, la circolazione di corrente diventerebbe pericolosa.
La resistenza elettrica presentata dal corpo umano varia da persona a persona in misura notevole, come pure varia la resistenza fra diversi punti dello stesso corpo (fra le due mani, fra mani e piedi, fra testa e mani) ma non va dimenticato che in tutti i soggetti, correnti di qualche decina di milliampere risultano pericolose, e correnti che superino il centinaio di milliamper possono risultare letali!

NORME DI PROTEZIONE E DI SOCCORSO

Le normative per la protezione dal pericolo di folgorazione sono numerose, anche se non ancora unificate fra le nazioni; comunque alcune regole fondamentali, sempre applicabili, vanno ricordate:

1° ISOLAMENTI:
I conduttori che trasportino correnti devono essere di sezione adeguata alle correnti in gioco in modo da non riscaldarsi eccessivamente; il loro isolamento, costituito da materiali gommosi o plastici deve essere tale da garantire dispersione trascurabile e resistenza al logorio del tempo e degli agenti atmosferici.
Tutte le apparecchiature elettriche debbono essere costruite con circuiti elettrici dimensionati in modo da risultare elettricamente isolate dalle manopole di comando e dalle parti metalliche esposte.
I banchi di lavoro dove si effettuino montaggi, riparazioni o misure su apparecchi elettrici devono essere isolati, come pure isolato deve essere la superficie dove l'operatore posa i piedi: si usano generalmente pedane di legno ricoperte in plastica.

2° PRESE DI MASSA:
Le moderne costruzioni dispongono per legge di prese di massa, il famoso terzo filo generalmente posto in centro fra i due poli delle prese di corrente.

Questo terzo filo viene ricondotto ad un unico cavo interrato ad una certa profondità nel terreno in prossimità dell'edificio. Tale sistema consente che eventuali dispersioni di corrente in elettrodomestici vengano scaricate a massa e non risultino quindi pericolose per le persone che ne vengano a contatto. Succede però molto spesso che, pur disponendo del terzo filo l'impianto elettrico, non sia stata effettuata la presa di terra e in questo caso la pericolosità è rilevante inquanto una dispersione in un qualunque punto viene riportata su tutto il circuito elettrico, in tal caso è conveniente scollegare il terzo filo dalle prese, in attesa che la presa terra venga attivata.
In talune abitazioni una rudimentale presa di massa veniva ottenuta utilizzando le tubature dell'acqua, ma tale sistema non offre una grande affidabilità poichè spesso i raccordi fra i tubi risultano isolati dalle guarnizioni o dalle vernici, sicchè è successo a molti di "prendere la scossa" toccando il rubinetto dell'acqua.
Le dispersioni che provochino potenziali pericolosi su parti metalliche esposte di apparecchi elettrici sono facilmente rilevabili con un semplice dispositivo qual'è un "cercafase" del quale riproduciamo la schema, in fig. 7-3.

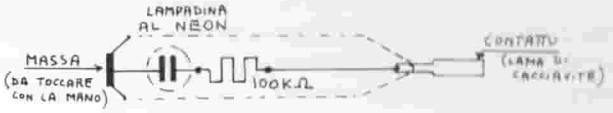


Fig. 7-3

Esso è generalmente racchiuso in un cacciavite la cui lama costituisce il contatto, mentre la massa è costituita dallo stesso corpo umano con cui è a contatto. La lampada al Neon assorbe una corrente infinitesimale, però abbisogna di una tensione dell'ordine dei 100 Volt per innescare, sicchè con questo semplicissimo dispositivo si rivelano presenze di potenziali pericolosi su qualunque conduttore: ogni persona che operi con apparati elettrici dovrebbe disporne!

3° ACCORGIMENTI:
Sui vecchi manuali di servizio per gli apparecchi in uso presso i tecnici anglossassoni si consigliava di effettuare le misure con una sola mano, mettendo l'altra in tasca, per evitare accidentali contatti con punti a potenziale elettrico.
Va tenuto presente che molti apparecchi, anche se staccati dall'alimentazione, possono contenere dei condensatori ancora carichi a potenziali pericolosi, sarà quindi opportuno cortocircuitarli prima di procedere a misure resistive o alla sostituzione di componenti.
Speciali accorgimenti vanno presi per misurare tensioni molto elevate, oltre i 2 KV, inquanto il normale isolamento dei conduttori comuni non è più sufficiente e tende ad innerscarsi l'arco voltaico; se difatti si tocca con la punta di un cacciavite il contatto a ventosa posto sul tubo catodico di un televisore si noterà il formarsi d'un arco voltaico poichè l'isolamento plastico

del cacciavite non è più sufficiente ai 10 o ai 20 KV presenti al contatto: esistono per tali tensioni puntali di misura e conduttori con isolamenti particolari. Succede molto spesso di misurare la continuità in una trasformatore mediante il tester; nel scollegare poi i puntali viene a formarsi una corrente indotta nell'avvolgimento del trasformatore che può essere molto elevata, sicchè per tale misura conviene sempre evitare di toccare sia i terminali dei puntali che i fili di collegamento del trasformatore in esame.
Malgrado le normative di prevenzione e i numerosi accorgimenti tecnici entrati nella pratica comune, ogni anno migliaia di persone si infortunano per contatti elettrici accidentali, sicchè sarà bene che fin dall'inizio chi intende dedicarsi a montaggi o riparazioni si abitui ad usare ogni precauzione onde evitare di entrare a contatto con parti metalliche sottoposte a potenziali.
Il soccorso da prestarsi eventualmente a persone colpite da scossa elettrica, può essere molto utile solo se apportato tempestivamente e applicando le seguenti norme:

1° - allontanare la persona colpita, non usando le mani nude, ma servendosi di oggetti isolanti quali bastoni, oggetti in plastica, coperte etc.

2° - Se la persona colpita ha perduto conoscenza praticare immediatamente la respirazione artificiale con il sistema "bocca a bocca" e con i massaggi al torace, insistendo nell'esercizio ancorchè l'infortunato non dia segni di vita, inquanto si son verificati casi di morte apparente nei quali risultava pressochè impercettibile il battito cardiaco.

3° - Provvedere al ricovero urgente dell'infortunato anche se appare essersi ripreso, inquanto talune lesioni possono non risultare immediatamente rilevabili.

CAPITOLO VIII

- **I trasformatori elettrici e la loro utilità**
- **La costruzione del trasformatore elettrico**
- **Il trasformatore come adattatore d'impedenza**

I TRASFORMATORI E LA LORO UTILITA'

Due avvolgimenti di filo isolato (bobine) fra i quali esista una mutua induzione costituiscono un trasformatore.
Abbiamo visto come i fenomeni di reattanza e di induzione presuppongono l'impiego di tensione alternata, pertanto i trasformatori non possono lavorare con correnti continue per le quali si avrebbe un momentaneo effetto di induzione soltanto all'apertura e chiusura del circuito.
Tutte le reti di distribuzione d'energia elettrica sono infatti a tensione alternata generalmente a 50 o 60 c/s, per consentire l'impiego dei trasformatori, sia per elevare che per ridurre le tensioni a seconda della loro utilizzazione!
Dalle centrali di produzione, sia termoelettriche che idroelettriche partono delle tensioni enormi, sull'ordine delle decine di KiloVolt che vengono poi trasformate appunto mediante sottostazioni di trasformatori a valori di tensioni per il comune impiego (220 Volt oppure 110 Volt ovvero 380 Volt trifase). Sarebbe inutile produrre direttamente tali valori così bassi poichè la perdita per caduta dovuta alla resistenza dei conduttori di trasporto, lunghi anche centinaia di Kilometri, apporterebbe abbassamenti enormi di tensione che risulterebbero pertanto non più utilizzabili. Supponiamo per esempio di produrre una tensione di 1000 Volt a Roma e di volerla utilizzare a Napoli per alimentare una lampadina di 1000 Volt 500 Watt; la distanza fra Roma e Napoli è di circa 200 km, per cui se io usassi dei conduttori aventi una resistenza di 1 Ohm per Kilometro mi troverei ad avere una tensione ai capi della lampadina, non più di 1000 Volt ma di

$$1000 - [200 \cdot \frac{500}{1000}] = 1000 - 200 \,.\, 0{,}5 = 900\ \text{V}$$

ben 100 Volt verrebbero quindi perduti lungo la linea di trasporto e conseguentemente la lampadina renderebbe il 10% di meno.
Se invece io produco a Roma una tensione di 10.000 Volt e impiego un trasformatore che porti la tensione a 1000 Volt in prossimità della lampadina il trasformatore assorbirebbe una corrente data da

$$\frac{W}{V} = \frac{500}{10.000} = 0{,}05\ \text{A}$$

e quindi il filo di collegamento causerebbe una caduta di tensione data da $200 \,.\, 0{,}05 = 10$ Volt, una perdita insignificante per i 10.000 Volt impiegati!! Lo stesso filo dissiperebbe in calore soltanto la potenza di

W= IxV= 0,05.10= 0,5 Watt anzichè i 0,5 . 100 = 50 W

che verrebbero dissipati usando i 1000 Volt!
Ecco dunque il motivo per il quale conviene usare tensioni elevate e correnti basse nei trasporti d'energia anche se le alte tensioni comportono problemi d'isolamento.
Ma l'utilità del trasformatore non si limita al trasporto d'energia, bensì al vantaggio di poter elevare a piacere tensioni basse per i più svariati scopi, a quello di poter isolare elettricamente due reti, e a quello, molto importante in radiotecnica, di poter adattare due impedenze, ottenendo così da un circuito la massima resa in potenza.

LA COSTRUZIONE DEL TRASFORMATORE ELETTRICO

Come si è detto un trasformatore è costituito da due avvolgimenti di filo (bobine) posti in vicinanza in modo che fra loro si verifichi mutua induzione, e generalmente avvolti su un nucleo magnetico, affinchè l'effetto induttivo venga incrementato.

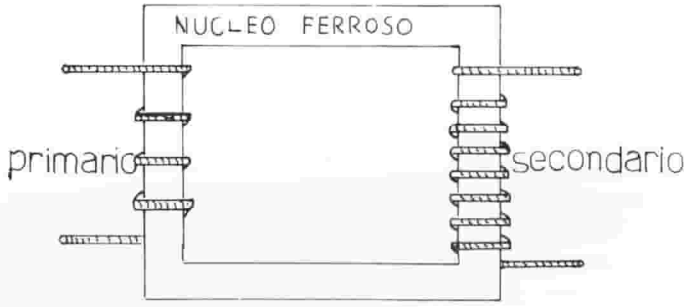


Fig. 8-1 Il trasformatore

In fig. 8-1 si è disegnato un rudimentale trasformatore composto da due bobine avvolte su di un nucleo ferroso, la bobina alla quale viene applicata la tensione alternata da trasformare si chiama avvolgimento primario, mentre la seconda, dalla quale si preleverà la tensione trasformata si chiama avvolgimento secondario, ovvero avvolgimenti secondari qualora ne esistono più di uno.
Per questo esemplare vediamo che il primario è formato con 4 spire, mentre il secondario da 8 spire, abbiamo così un rapporto di trasformazione pari a

$$\frac{8}{4} = 2$$

il che significa che la tensione indotta sul secondario sarà doppia di quella applicata al primario. Tale regola vale generalmente per tutti i trasformatori e si ricomprende nella formula:

$$Es = \frac{Ns}{Np} \cdot Ep \qquad Ep = Es \frac{Np}{Ns} \qquad Np = \frac{Ns \cdot Ep}{Es} \qquad Ns = \frac{Es}{Ep} \cdot Np$$

dove

Es = Tensione del secondario
Ep = Tensione al primario
Ns = Numero di spire del secondario
Np = Numero di spire del primario

Se applichiamo al primario 20 Volt alternati avremo quindi al secondario la tensione

$$Es = \frac{8}{4} \cdot 20 = 40 \text{ V}$$

e ovviamente se applicassimo una tensione di 10 Volt al secondario, esso si comporterebbe come il primario e avremmo pertanto una tensione indotta sull'avvolgimento di sinistra:

$$\frac{4}{8} \cdot 10 = 5 \text{ V}$$

essendosi rovesciato il precedente rapporto di trasformazione.Se noi colleghiamo al primario una tensione lasciando scollegato il secondario, avremo nel primario unicamente la bassissima corrente assorbita dalla resistenza di perdita della bobina che forma l'avvolgimento primario, che si chiamerà corrente di magnetizzazione, ma se dal secondario preleviamo corrente, tale assorbimento si ripercuoterà anche sul primario; possiamo dire quindi che l'assorbimento complessivo in corrente del primario è causato dal carico collegato al secondario.
Se ad esempio, per il trasformatore di fig. 8-1 noi prelevassimo dal secondario la corrente di 1,5 Ampere la corrente assorbita dal primario risulterebbe

$$1{,}5 \cdot \frac{Ns}{Np} = 1{,}5 \cdot \frac{8}{4} = 1{,}5 \cdot 2 = 3\text{A}$$

e del resto, considerando la potenza in gioco, se al primario fossero applicati 20 Volt avremo W= I · V = 3·20= 60 Watt, e anche sul secondario avremmo W=I·V= 1,5·40 = 60 Watt, quindi la potenza utilizzata dal carico applicato al secondario corrisponderebbe a quella assorbita dal primario. Questo è un calcolo puramente teorico perchè una parte sia pur piccola di potenza va perduta in calore dissipato dalla stessa struttura del trasformatore per cui non si otterrà mai una perfetta parità fra potenza assorbita e potenza utilizzata, e la percentuale di potenza che viene perduta nel processo di trasformazione designa la efficenza del trasformatore, e viene indicata con la

lettera n.

$$n = \frac{Po}{Pi}; \quad Po = n \cdot Pi; \quad Pi = \frac{Po}{n}$$

dove

Po = potenza utilizzata dal carico collegato al secondario
Pi = potenza assorbita dal primario
n = fattore di efficenza

Supponendo per esempio che il nostro trasformatore fornisca 60 Watt dal secondario e che ne assorba 80 dal primario esso avrà un rendimento n =

$$\frac{60}{80} = 0{,}75,$$

se dal primario ne assorbisse solo 64, fermi restando i 60 del secondario avremmo n=

$$\frac{60}{64} = 0{,}9375,$$

nessun trasformatore può raggiungere un n = 1 anche se i trasformatori ben dimensionati raggiungono rapporti di efficenza superiore al 0,8 - 0,9.
Per la pratica costruzione di un trasformatore si tiene conto comunque dei seguenti parametri.
1° - Massima potenza assorbita dal secondario, dalla quale si determinano le dimensioni fisiche del trasformatore. La potenza non viene solitamente designata in Watt, ma in Volt Ampere (VA) non potendosi tener conto del fattore di potenza (cos φ).
2° - Tensioni di lavoro del primario e del secondario per le quali si imposta il rapporto Ns/Np.
3° - Corrente massima dal secondario, per la quale si determina lo spessore del filo costituente la bobina, onde ridurre al minimo la resistenza di perdita ed evitare surriscaldamento. Normalmente la presenza del carico non deve provocare al secondario abbassamento di tensione superiore al 10%.
4° - La frequenza della tensione alternata, essendo evidente che più questa è bassa, maggiore dovrà essere il numero di spire costituenti il primario. Le frequenze di rete più diffuse sono comunque i 50 Hz per le reti europee e i 60 Hz per quelle Americane, ma per scopi militari si trovano spesso trasformatori a 400 Hz, che se collegati ai 50 Hz di una rete industriale invariabilmente si bruciano perchè la loro reattanza $XL = 2\pi fL$, è molto diminuita rispetto quella per cui sono dimensionati.
5° - Isolamento. Che presuppone particolare cura nei rivestimenti isolanti dei fili impiegati e nella struttura del nucleo, particolarmente nei trasformatori che operano con potenziali elevati.

IL TRASFORMATORE COME ADATTATORE D'IMPEDENZA

Il trasformatore non serve unicamente a scopi d'alimentazione. Anche alle alte frequenze, due bobine accoppiate costituiscono un trasformatore.

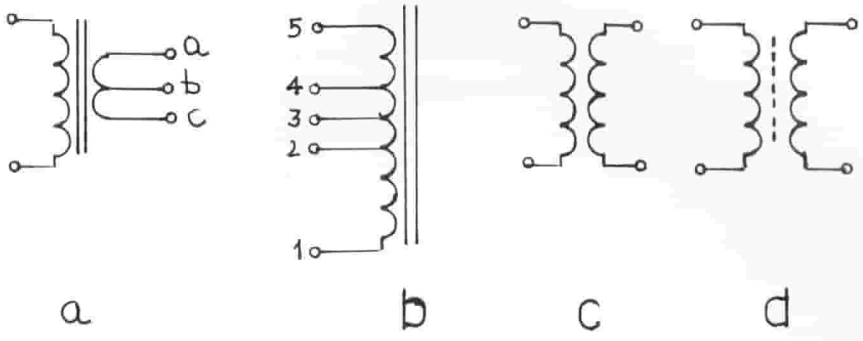


Fig. 8-2 Vari tipi di trasformatori come vengono disegnati negli schemi elettrici.

In fig. 8-2 sono visibili i disegni di alcuni tipi di trasformatori come vengono posti negli schemi elettrici. La fig. 8-2 a illustra un tipico trasformatore nel quale i due tratti continui che separono gli avvolgimenti ci avvisano che esso è costruito su nucleo di ferro. Il suo sècondario contiene una presa intermedia sicchè qualora noi avessimo fra i poli a-c una tensione di 50 Volt, fra i poli a-b avremmo la tensione di 25 Volt, identica a quella che misureremmo fra b e c; ma se noi assumiamo come riferimento il polo b, risulta che la tensione in a risulterà sfasata di 180° rispetto a quella in c, ossia quando avremo in a il picco massimo di tensione positiva in c avremo quello massimo di tensione negativa: l'inversione di fase è molto sfruttata sia in alimentazione che per sistemi di modulazione.

In fig. 8-2 b abbiamo un autotrasformatore: il secondario non esiste e la trasformazione avviene semplicemente utilizzando le varie prese del solo avvoglimento primario: applicando per esempio la tensione di 220 Volt fra le prese 1 e 4, avremo fra le prese 1 e 2 ed 1 e 3 delle tensioni inferiori, mentre fra le prese 1 e 5 avremo a disposizione una tensione senz'altro superiore ai 220 calcolabile con il solito rapporto spire nel quale considereremo primario il numero di spire alle quali viene applicata la tensione, e secondario quello dalle quali viene prelevata.

La fig. 8-2 c indica un trasformatore per radiofrequenza, impiegatissimo nei circuiti radio, nei quali svolge il duplice scopo di aumentare la tensione del segnale in arrivo e di adattare le diverse impedenze fra due stadi.

Infatti l'impedenza del primario sarà data da

$$Zp = Zs \left(\frac{Np}{Ns} \right)^2$$

ossia il quadrato del rapporto spire primario-secondario, moltiplicato per la impedenza del secondario corrisponde all'impedenza del primario e analogamente:

$$Zs = \frac{Zp}{\left(\frac{Np}{Ns}\right)^2} \quad \text{oppure} \quad \left(\frac{Np}{Ns}\right)^2 = \frac{Zp}{Zs} \;;$$

Se ad esempio volessimo adattare uno stadio amplificatore avente impedenza d'uscita 4000 Ohm, con l'ingresso di un'altro stadio amplificatore d'impedenza 200 Ohm, il calcolo da svolgersi sarà

$$\left(\frac{Np}{Ns}\right)^2 = \frac{4000}{200} = 20;$$

Ponendo 20 sotto radice $= \sqrt{20} = 4{,}47$ vediamo che se il primario composto da 50 spire il secondario dovrà essere

$$\frac{50}{4{,}47} = 11{,}2 \text{ spire}$$

11,2 spire per avere un perfetto adattamento d'impedenza che consenta il massimo trasferimento d'energia fra i due circuiti (vedi le considerazioni sulla Massima Potenza, relative alla figura 2-6 (b) nel capitolo 2°).
Si può anche dire che:

$$\frac{Np}{Ns} = \sqrt{\frac{Zp}{Zs}}$$

per cui se per un certo trasformatore si volesse avere un primario con impedenza di 1000 Ω ed un secondario con impedenza di 25 Ω il rapporto spire sarà

$$\sqrt{\frac{1000}{25}} = \sqrt{40,} \quad \text{per cui} \quad \frac{Np}{Ns} = \sqrt{40;} \quad \frac{Np}{Ns} = 6{,}32$$

vale a dire che se il primario fosse composto con 300 spire di filo il secondario dovrà essere

$$\frac{300}{6{,}32} = 47{,}5 \text{ spire}$$

In fig. 8-2 d vediamo un trasformatore nel quale la linea tratteggiata che separa i due avvolgimenti sta ad indicare che essi sono avvolti su nucleo regolabile; l'inserimento del nucleo filettato fra le spire degli avvolgimenti

varia l'induttanza delle due bobine, consentendo la taratura nei circuiti radiofrequenza.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 8

8-1 L'avvolgimento primario di un trasformatore è composto da 250 spire, mentre il secondario, avvolto sul medesimo nucleo è composto da 100 spire. Applicando al primario la tensione alternata di 220 Volt, quale tensione avremo ai capi del secondario?

8-2 Un trasformatore consta di un primario costituito da 500 spire e due secondari, uno dei quali ha 3000 spire, l'altro 250 spire quali valori di tensione avremmo sui due secondari collegando il primario ad una tensione alternata di 125 Volt?

8-3 Un trasformatore viene costruito con una impedenza del primario di 5000 Ohm, il secondario deve adattarsi ad una impedenza di 2000 Ohm, se il primario è composto da 700 spire di filo, quante spire dovrà contenere il secondario? Applicando al primario 300 Volt alternati, che tensione avremmo al secondario?

8-4 Una lampadina collegata al secondario del trasformatore dissipa 40 Watt, misurando la potenza assorbita dal primario si rilevano 50 Watt; quale è il rendimento n del trasformatore?

RISPOSTE
8-1 = 88 V
8-2 = 750V; 62,5V
8-3 = 443 spire; 190 V
8-4 = 0,8

CAPITOLO IX

- **Gli strumenti ed apparecchi di misura**
- **L'amperometro per corrente continua**
- **Il voltmetro per corrente continua**
- **L'Ohmetro**
- **Il tester e le misure in alternata**
- **La misura dei Watt, il Wattmetro**
- **Cenni su altri strumenti**

GLI STRUMENTI ED APPARECCHI DI MISURA

L'importanza pratica delle strumentazioni per misurare parametri elettrici, è stata sentita da sempre, sia per convalidare le teorie che, per scopi più pratici, per controllare e riparare apparecchiature e controllare tensioni, correnti, forme d'onda, relazioni di fase, presenza di componenti armoniche etc.
Per gli usi in radiotecnica esiste una enorme gamma di strumenti che consentono misure di parametri quali la frequenza, l'induttanza, la capacità, i livelli di modulazione, le stabilità termiche dei componenti.
Rimanendo nel campo dell'elettrotecnica ci limiteremo agli strumenti più usuali per le misure di tensioni e di correnti sia a regime continuo che per alternata, fino a qualche centinaio di Hertz.
Gli strumenti si dividono in due grandi categorie: strumenti passivi, che non abbisognano di alimentazioni esterne e prelevano l'energia sufficiente a fornire la loro indicazione dallo stesso circuito sotto prova.
Strumenti attivi, che sono alimentati separatamente e pertanto il loro inserimento nel circuito da provare non comporta alcun assorbimento d'energia.
In elettrotecnica, data l'irrilevanza delle energie necessarie per ottenere l'indicazione rispetto a quelle utilizzate dal circuito sotto prova, sono molto usati gli strumenti passivi, mentre per talune misure in radiotecnica è opportuno usare quelli attivi.

L'AMPEROMETRO PER CORRENTE CONTINUA

La struttura più diffusa degli amperometri è quella illustrata in fig, 9-1. Nel campo magnetico prodotto dal magnete permanente, ripiegato a ferro di cavallo, è immersa una bobina che può ruotare su di un asse centrale al quale è collegato un indice.
La bobina è collegata ai terminali esterni attraverso due delicate molle che in condizioni di riposo la tengono posizionata verso sinistra e che prendono il nome di coppia di molle antagoniste.
Lo scorrere di una corrente continua nella bobina crea attorno ad essa un campo magnetico che, contrastando con il campo del magnete permanente, provoca lo spostamento della bobina stessa verso destra in misura tanto più rilevante quanto più la corrente è intensa.

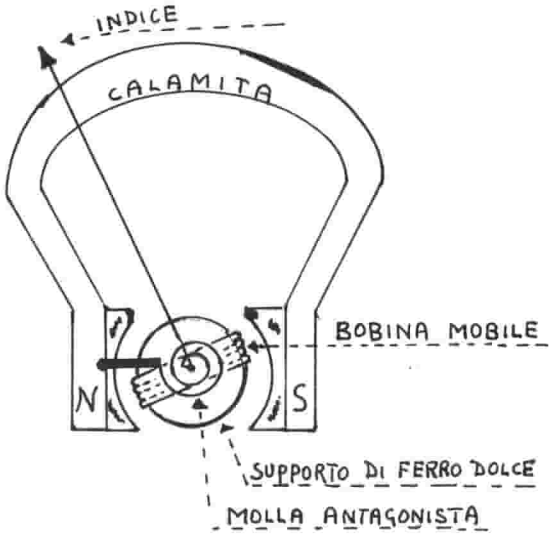


Fig. 9-1 La struttura dell'Amperometro.

L'indice, che segue il movimento della bobina, viene per tanto a spostarsi su di una scala che può essere disegnata per indicare il numero di Ampere che scorrono nella bobina, mentre le molle antagoniste riporteranno la bobina a sinistra e l'indice a zero quando il flusso di corrente sarà interrotto.
È ovvio che la sensibilità di un simile equipaggio mobile (bobina indice e molle nonchè perni di supporto) dipende sia dal numero di spire che compongono la bobina, che dalla resistenza di torsione delle molle e dell'intensità di campo del magnete permanente, e la sensibilità, indica per l'appunto la corrente necessaria a far giungere l'indire al fondo scala; se l'indice giunge a fondo scala con la corrente di 1 mA diremo proprio che quello strumento presenta sensibilità di 1 mA f.s. (fondo scala).
Conviene comunque che lo strumento offra la massima sensibilità, inquanto è molto facile, come vedremo, ridurla mediante circuiti esterni, mentre è impossibile incrementarla con elementi o circuiti passivi.
Strumenti con la struttura illustrata in fig. 9-1 vengono comunemente costruiti con sensibilità di 100 μA e di 50 μA e con speciali accorgimenti se ne sono anche costruiti da 10μA, ma va tenuto presente che l'eccessiva sensibilità va a scapito della precisione e della robustezza, per cui le più diffuse sensibilità rimangono ancora quelle di 100 μA e di 50 μA, più che sufficienti per le normali misure elettriche.
Vedremo ora come può essere utilizzato un simile amperometro per le diverse misure di corrente.
In fig. 9-2 vediamo in a l'inserimento di un amperometro con sensibilità 1μA fs. Per semplicità consideriamo trascurabile la resistenza interna della sua bobina, che chiameremo Rs, e che risulta di qualche decina di Ohm, insignificante in confronto ai 4.500.000 Ohm che presentano la resistenza Rc, come pure sarà insignificante la caduta di tensione di capi dello strumento.

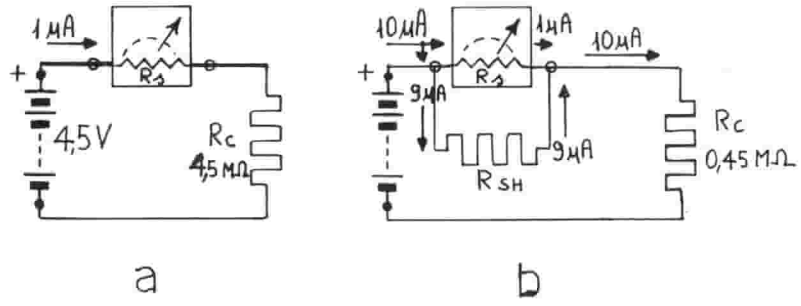


Fig. 9-2 a b misure di corrente.

$$\text{Calcolando } I = \frac{V}{Rc} = \frac{4,5}{4.500.000} = 1 \cdot 10^{-6} = 1\mu A$$

il nostro Amperometro, dimensionato appunto per la sua massima sensibilità di 1 μA ci darà indicazione a fondo scala, segnalandoci il microAmpere che scorre nel circuito. Se noi aumentassimo la Rc, la corrente diminuirebbe e avremmo una minore indicazione dataci dall'indice, mentre se noi diminuissimo il valore di Rc la corrente aumenterebbe e l'indice, raggiunto il fondo scala, non potrebbe più fornire l'esatta indicazione di corrente.
Se ad esempio noi portiamo il valore di Rc a soli 450.000 Ohm (0,45 MΩ) avremmo nel circuito una corrente data da

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4,5}{450.000} = 10\ \mu A.$$

In questo caso dovremmo ricorrere all'espediente illustrato in fig. 9-2 b: abbiamo qui posto in parallelo all'Amperometro una resistenza Rsh (resistenza di SHUNT) attraverso la quale facciamo scorrere 9 dei 10 μA, sicchè avremmo ancora 1 solo μA che scorre nello strumento, ovviamente la Rsh dovrà avere un valore di circa 9/10 inferiore a quello di Rs, per cui se la Rs dello strumento fosse di 10Ω, la Rsh sarà di 1Ω circa, e se poi avessimo a misurare una corrente di 100 μA la Rsh dovrebbe essere di soli 0,1 Ω in modo da far scorrere 99 μA in essa e sempre un solo μA nello strumento.
Risulta così evidente come sia possibile, mediante resistenze di SHUNT di vario valore, diminuire la sensibilità di uno strumento, ottenendo la possibilità di effettuare misure di correnti anche molto elevate. Questo è il sistema universalmente usato nei normali testers commerciali.

IL VOLTMETRO PER CORRENTE CONTINUA

Impiegando lo stesso amperometro fin qui esaminato, potremo con dei piccoli espedienti misurare anche le tensioni, semplicemente disegnando una diversa scala di lettura sotto il suo indice.

Supponiamo infatti che il nostro amperometro con sensibilità di 1 μA presenti una resistenza interna (dovuta alla resistenza Rs della sua bobina mobile) di 10 Ohm, esso andrà a fondo scala con una tensione

$$V = I \cdot Rs = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 1 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

ossia con soli 10 μV.
È ben raro trovare fonti di tensione così bassa e pertanto supponiamo di voler fare in modo che il nostro Amperometro ci dia una lettura di fondo scala con 10 Volt, in altre parole che applicando ad esso 10 Volt, scorra 1 μA.
Poichè, sempre applicando la legge di

$$\text{Ohm } R = \frac{V}{I},$$

dovremo ottenere una $R = \frac{10}{1 \cdot 10^{-6}} = 10.000.000\ \Omega$

ossia 10 MΩ e pertanto dovremmo porre in serie al nostro strumento una resistenza di valore tale che sommata alla Rs ci dia 10 MΩ, ossia

$$10.000.000 - 10 = 9.999.990\ \Omega$$

Vediamo in fig. 9-3 un pratico esempio di Voltmetro costruito con una Amperometro da 50 μA f.s., la cui resistenza interna Rs è di circa 100 Ω. Utilizzando tre diverse resistenze poste in serie potremo avere 4 scale di lettura, corrispondenti a quattro valori massimi di tensioni fondo scala; 5mV; 5 Volt; 50 Volt; 500 Volt.
Il puntale N è collegato direttamente al polo negativo dello strumento mentre il puntale P può venir spostato sui vari punti della serie di resistenze. Se portiamo il puntale P sul punto D, tutte le resistenze saranno escluse e l'Amperometro risulterà direttamente collegato alla fonte di tensione, avremmo pertanto una tensione massima misurabile data da

$$V = I \cdot R = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 5 \text{ m V}$$

Se poniamo il puntale P al punto C lo strumento presenterà una resistenza data da $R_1 + Rs = 100.000$= e pertanto avremo una tensione f.s. data da V= I.R = 5 Volt.
Analogamente, ponendo il puntale al punto B otterremo una resistenza complessiva data da $R_2 + R_1 + Rs$= 1.000.000 Ohm e per ottenere in questa resistenza una corrente di 50 μA dovremmo applicare una tensione data da V= I.R= 50.0^{-6}.1.000.000= 50 Volt!
Infine, ponendo il puntale P in A la resistenza complessiva risulterà data da

$$R_3 + R_2 + R_1 + Rs = 10.000.000$$

e per avere 50 μA in tale resistenza la tensione dovrà essere

$$V = I \cdot R = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 500 \text{ V}$$

È chiaro come aggiungendo altre resistenze di valore crescente potremmo aumentare il valore fondo scala di lettura fino a poter leggere potenziali elevatissimi.
È importante notare come aumentando il valore di fondo scala, aumenti proporzionalmente il valore della resistenza complessiva presentata dal Voltmetro, cosicchè essa avrà sempre minor effetto nei confronti del circuito da analizzare. Nell'esempio di fig. 9-3 possiamo calcolare che per la scala dei 5 Volt, il nostro Voltmetro presenta 100.000 Ω, mentre per la scala 50 Volt, il nostro Voltmetro presenta 1.000.000, potremmo anche dire che esso presenta, scala per scala, 20.000 Ohm per ogni Volt, ossia una sensibilità di 20 kΩ/Volt, sensibilità che diverrebbe doppia (40 kΩ/Volt) se anziche con 50 μA l'Amperometro raggiungesse il fondo scala con soli 25μA.
Poichè il Voltmetro è, come l'Amperometro, uno strumento passivo, si ha interesse che esso assorba la minima energia dal circuito sotto prova e pertanto si cerca di impiegare strumenti con grandi sensibilità in modo che presentino resistenze elevatissime ai circuiti sotto prova.
Vediamo infatti quale può essere l'effetto di un Voltmetro collegato ad un circuito da analizzare.

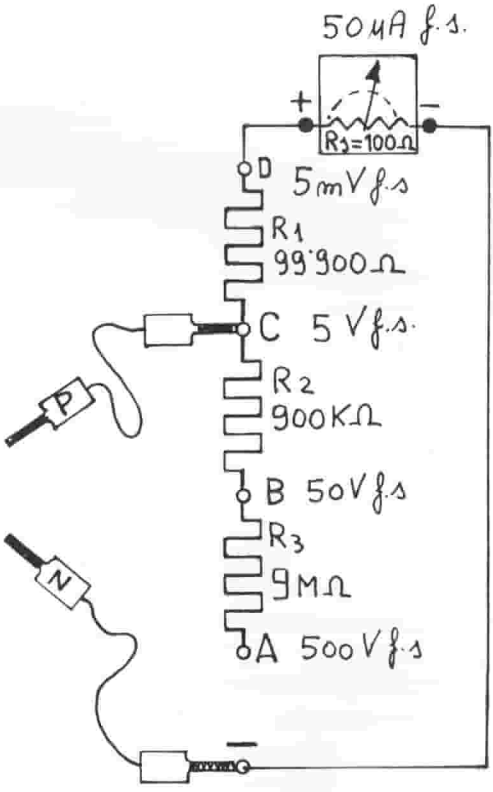


Fig. 9-3 Voltmetro a 4 scale di lettura.

Consideriamo il circuito di Fig. 9-4, composto dalle 3 resistenze R_1, R_2, R_3, poste in serie. Avremo nella serie una corrente

$$I = \frac{V}{R_1+R_2+R_3} = 8 \cdot 10^{-4}\ A$$

ai capi di R_3 avremo pertanto una V_{R3} data da $I \cdot R_3 = 8 \cdot 10^{-4} \cdot 20.000 = 16$ Volt. Se vogliamo misurare questa tensione con il nostro Voltmetro dell'esempio di Fig. 9-3 disposto per lettura f.s. di 50 Volt, applicheremo ovviamente in parallelo alla R_3 la resistenza costituita dal Voltmetro stesso, che come visto risulta di 1 MΩ; tale resistenza porterà un'alterazione all'intero circuito poichè il parallelo fra R_3 e la resistenza del Voltmetro darà una

$$R = \frac{20.000 \times 1.000.000}{20.000 + 1.000.000} = 19608\ \Omega$$

La corrente complessiva diventerà pertanto

$$I = \frac{120}{R_1+R_2+R_3} \approx \frac{120}{149.608} \approx 8{,}021 \cdot 10^{-4}\ A$$

è pertanto la tensione misurata risulterà data da

$$V = I \cdot R = 8{,}021 \cdot 10^{-4} \cdot 19608 = 15{,}727\ V$$

Tale lettura risulta quindi leggermente diversa dai 16 Volt che dovremmo trovare ai capi di R_3, e potremmo con il medesimo procedimento calcolare i diversi valori che misureremmo variando la resistenza interna del nostro Voltmetro e verificare come otterremmo letture tanto più vicine al vero quanto più essa sarà alta.

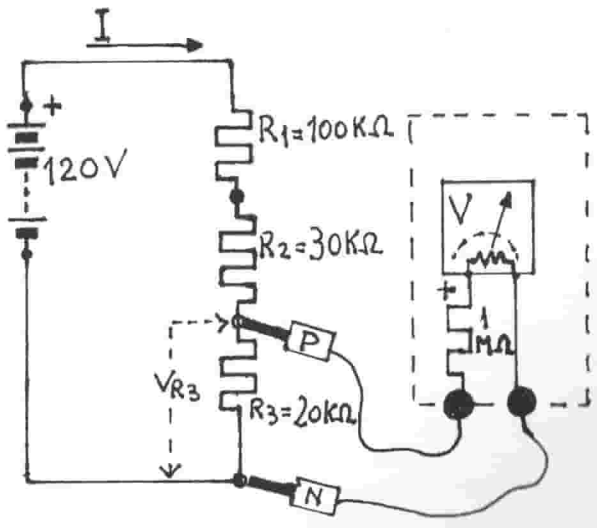


Fig. 9-4 Influenza del Voltmetro su di un circuito.

L'OHMETRO

Sempre impiegando il nostro Amperometro possiamo facilmente rilevare misure di resistenza, realizzando il circuito di fig. 9-5 nel quale abbiamo, provvisto a far scorrere una corrente per portare lo strumento a fondo scala.

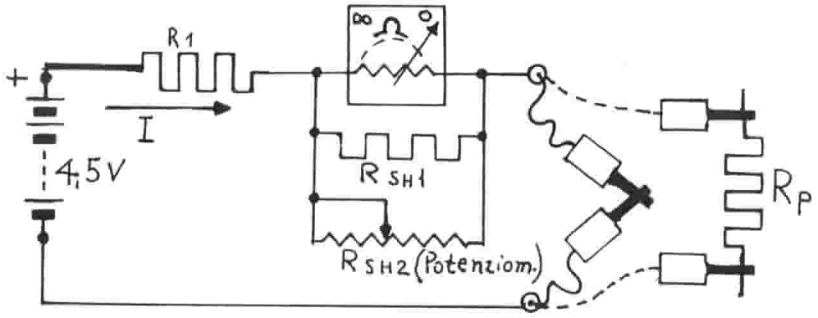


Fig. 9-5 L'Amperometro come Ohmetro.

Possiamo infatti dare alla resistenza R_1 ed Rsh_1 dei valori tali per cui nello strumento scorra la corrente di 50 μA, azzerando lo strumento mediante la resistenza variabile Rsh_2. In tali condizioni potremmo disegnare una scala indicante lo zero per l'indice tutto a destra e i valori crescenti di resistenza verso sinistra. Ponendo i puntali anzichè in corto fra loro, agli estremi di una resistenza Rp da provare otterremo l'indicazione della resistenza, dovuta alla minor corrente che attraverserà il circuito. Risulta evidente anche come, abbassando il valore della resistenza di SHUNT Rsh_1 otterremo una diminuzione di sensibilità del complesso e quindi una diversa scala per i valori di resistenza, ottenendo letture di valori resistivi sempre minori. La resistenza variabile Rsh_2 ci consentirà anche di compensare le variazioni di tensione della batteria dovute all'invecchiamento e di poter in ogni caso portare l'indice all'indicazione di zero quando i puntali vengono cortocircuitati.

IL TESTER E LE MISURE IN ALTERNATA

Un compendio di tutte le misure ottenibili con il microamperometro già esaminate è possibile ottenerlo col notissimo strumento chiamato analizzatore universale o, più comunemente "TESTER", nel quale un microamperometro è collegato ad un circuito composto essenzialmente da paralleli e serie di resistenze di precisione e consente misure in varie scale dei principali parametri elettrici.
Esso è lo strumento più usato dai tecnici per la sua grande semplicità. Le sensibilità offerte dai moderni microamperometri da 25 μA e anche da 10 μA lo rendono utilizzabile anche per circuiti particolarmente critici dove le correnti in gioco risultino oltremodo basse.
Oltre che per misure di corrente continua i normali tester sono progettati anche per misure di tensioni e correnti alternate, per le quali si ricorre

all'espediente di raddrizzarle mediante appositi diodi prima di presentarle allo strumento, come illustrato in fig. 9-6.

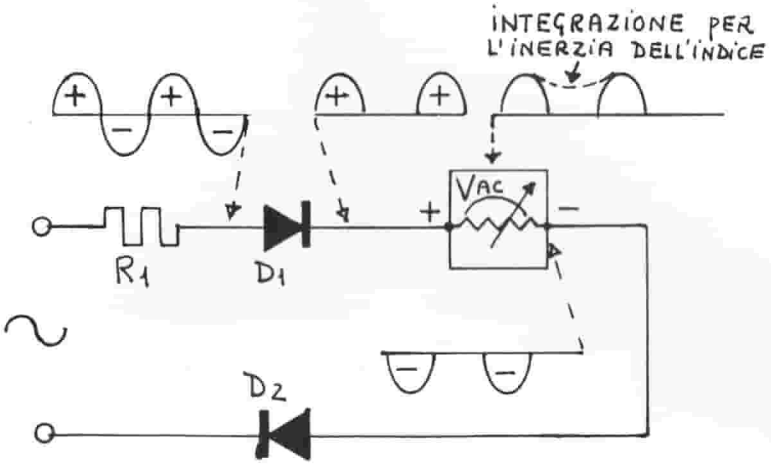


Fig. 9-6 Misura di tensione C.A..

Al classico circuito per l'utilizzo del microamperometro quale Voltmetro si sono aggiunti due diodi raddrizzatori, dei quali parleremo più dettagliamente in seguito. Ci basterà per il momento considerare che tali diodi consentono il passagio di corrente in un solo senso e che avremo pertanto al polo + del microamperometro una tensione sempre positiva, anche se variabile, mentre al polo - avremo analogamente una tensione sempre negativa, pure variabile. L'inerzia stessa dell'equipaggio mobile costituito dall'indice attua una integrazione che ci consente di disegnare una scala per il valore efficace dalla tensione alternata.
I diodi raddrizzatori presentano anch'essi una certa resistenza che andrà inserita nel calcolo già esaminato e va pure notato che poichè essi non lavorano con tensione al di sotto dei 0,3 oppure 0,5 Volt risulta difficile misurare tensioni C.A. sotto tali valori, con i tester passivi.
Esistono in commercio vari tipi di tester, la qualità dei quali dipende dai seguenti requisiti.
1° - Sensibilità: data della sensibilità in μA dello strumento impiegato che generalmente consente sensibilità di 10 kΩ/V oppure 20 kΩ/V ma che per alcuni tipi offrono sensibilità di 50 kΩ/V e anche 100 kΩ/V.
2° - Qualità del microamperometro: i migliori montano l'equipaggio mobile su perni in rubino o altra pietra dura per evitare il logorio e sono chiusi ermeticamente per impedire accesso di polvere e di umidità.
3° - Precisione delle resistenze impiegate che determinano, assieme allo strumento, la precisione complessiva della lettura. Normalmente tali precisioni di lettura sono del 5% e, nei tester di miglior qualità, anche del 2%, precisioni più che sufficienti per le normali misure.
La fig. 9-7 illustra lo schema completo di un tester impiegante un microamperometro da 30 μA f.s.
I diversi impieghi per le misure di Volt, Ampere, Volt A C, e Ohm vengono

ottenuti mediante il commutatore C che provvede a porre in contatto i vari punti; nella figura esso è impostato per misura di 50 V f.s..

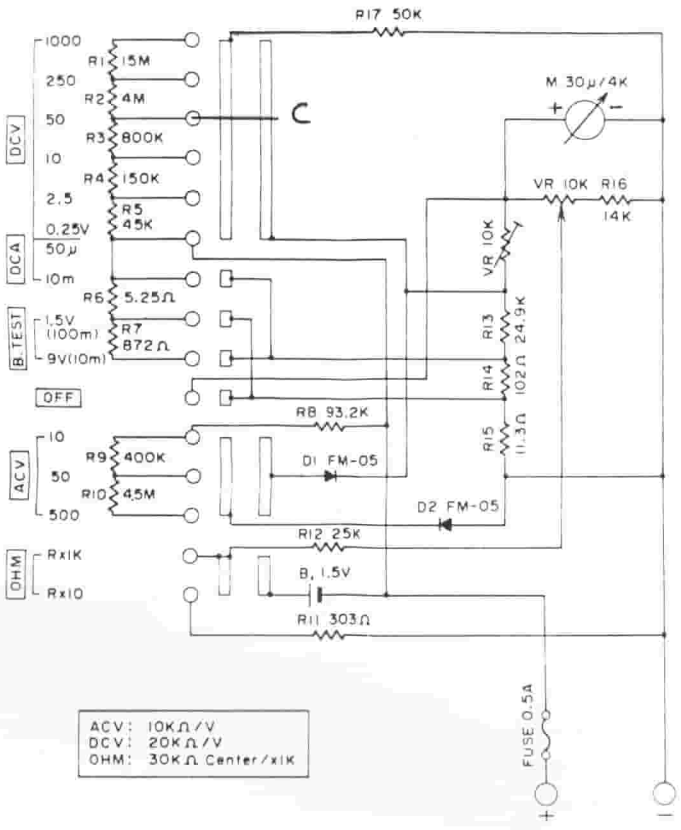


Fig. 9-7 Schema completo di un tester.

LA MISURA DEI WATT, IL WATTMETRO

Per le correnti continue il watt è semplicemente dato dal prodotto V x I = W, per cui in un circuito alimentato in D.C. (Direct current) basterebbe rilevare la tensione applicata e la corrente assobita e moltiplicare quindi i due valori. Non bisogna tuttavia dimenticare che il watt, come l'ampere, è sempre riferito al tempo di un secondo, il che significa ad esempio che se io accendo una lampadina da 100 watt per un'ora consecutiva, avrò appunto una dissipazione di 100 watt/secondo e un consumo d'energia di 100 watt/h (0,1 kw/h, 0,1 kilowattora) mentre se io accendo la lampadina da 100 watt per 1/10 di secondo avrò una dissipazione corrispondente a soli 10 watt.
Il watt è comunque una misura di potenza elettrica che viene trasformata in energia sottoforma di moto o di calore.
Anche per tensioni alternate, qualora applicate a resistenze pure, il prodotto della tensione efficace per la corrente efficace (7/10 dei valori massimi) ci

darà la potenza dissipata, ma abbiamo visto che qualora la presenza di reattanze comporti sfasamenti fra corrente e tensione (vedi al capitolo 6°) si avrà una differenza fra la potenza apparente (VxI) e la potenza realmente utilizzata (VxIxcos φ). Quest'ultima risulterà sempre inferiore a quella apparente, tanto più inferiore quanto è maggiore l'angolo di sfasamento fra tensione e corrente, dovuto all'effettto delle reattanze.
Gli strumenti impiegati per la misura dei watt, possono essere divisi in due grandi categorie:
1) Wattmetri per frequenze di rete.
2) Wattmetri per radiofrequenze.

1) I Wattmetri per frequenza di rete si possono a loro volta suddividere in wattmetri istantanei e in contatori. I primi sono generalmente costituiti da un voltmetro e da un amperometro le bobine dei quali sono accopiate magneticamente, in modo che le forze applicate si combinino a seconda dello sfasamento fra corrente e tensione e l'indice fornisca direttamente una indicazione dei Watts.
Senza entrare nei dettagli costruttivi di un tale strumento, ci limeteremo ad esaminare la fig. 9-8, dove una tensione a 220 Volt viene applicata ad un carico composto da induttanza, capacità e resistenza. Il Wattmetro illustrato è inserito con una bobina Amperometrica, fissa, posta in serie, e una bobina mobile voltmetrica, magneticamente accoppiata a quella amperometrica ed ovviamente posta in parallelo alla rete. A questa è collegato l'indice dello strumento che ci fornirà una lettura dei watt effettivamente dissipati dalla resistenza Rc, mentre invece il prodotto delle letture V ed A, indicate dagli strumenti V ed A, ci fornirà la potenza apparente complessiva del carico, dove l'energia applicata ad Lc e a Cc viene resa, e quindi non dissipata.
I contatori d'energia sono invece dei piccoli motorini elettrici, dotati di numeratore. Gli avvolgimenti di questi motori vengono posti in serie e parallelo alla rete, con la medesima disposizione del Wattmetro istananeo di fig. 9-8; più elevata è l'energia richiesta dalla rete, maggiore sarà il numero di giri del motorino e maggiore l'indicazione numerica fornita, dimensionata per visualizzare direttamente i Kw/h. Vale a dire che se colleghiamo ad una rete casalinga un ferro da stiro dal consumo di 1 kw e lo lasciamo collegato per un'ora, il contatore effettuerà un numero di giri tale da fornirci l'indicazione appunto di 1 kw/h: è una verifica che non sarebbe male fare, di tanto in tanto!

2) Per quanto riguarda i wattmeri per misure di energia a radiofrequenza, tratteremo l'argomento in seguito; in ogni caso i più sensibili si basano tutti sul principio dell'aumento di temperatura che si verifica in una resistenza attraversata da corrente: l'indicazione dei watt viene quindi rilevata in funzione dell'aumento di temperatura che si verifica in una resistenza molto sensibile (Bolometro) sottoposta alla radiofrequenza da misurare.
L'energia a radiofrequenza e la sua misura in watt riveste grande importanza nel controllo di trasmettitori per i quali le prove di potenza non si limitano alla

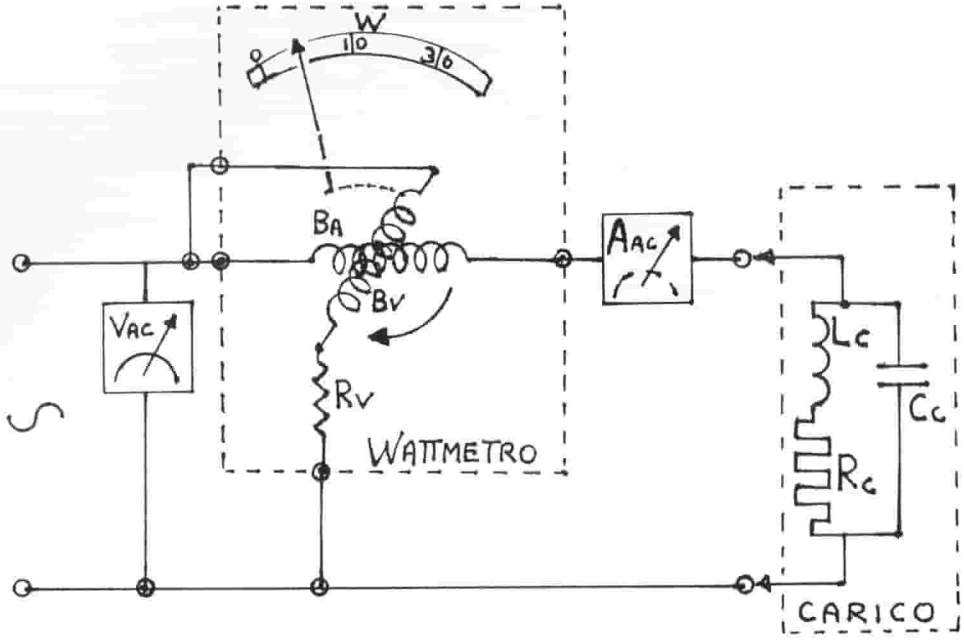


Fig. 9-8 Il Wattmetro per corrente alternata.

sola potenza del segnale portante, bensì al segnale nei suoi vari tipi di modulazione, in ampiezza, in banda soppressa, in impulsi etc.

CENNI SU ALTRI STRUMENTI DI MISURA

Gli strumenti di misura più impiegati in elettrotecnica sono sempre costituiti dalle varie disposizioni di un milliaperometro che, come abbiamo visto, può venir impiegato per misure di correnti (in serie al circuito) o di tensioni (in parallelo al circuito) ovvero di resistenze, facendo scorrere appositamente nel circuito una determinata corrente.
Ma la gamma di strumenti che possono venire usati per misure elettrotecniche ne comprende anche altri:

1) **Oscilloscopio.** Consente di visualizzare la forma d'onda di una tensione, misurandone così le varie ampiezze in determinati punti, e la frequenza stessa della tensione e la sua forma.
È uno strumento versatilissimo e usato comunemente per tutte le misure elettroniche.
In fig. 9-9 è esemplificato un oscilloscopio, impiegato per visualizzare una tensione di rete di 220 V efficaci, 50 Hz. Collegando tale tensione al suo asse verticale (chiamato asse y) e impostando il commutatore y su 100 Volt per divisione verrà visualizzato sul cinescopio una escursione in tensione di 314 Volt positivi e 314 Volt negativi, corrispondenti appunto ai valori massimi della forma sinusoidale ($220 \cdot \frac{10}{7}$).

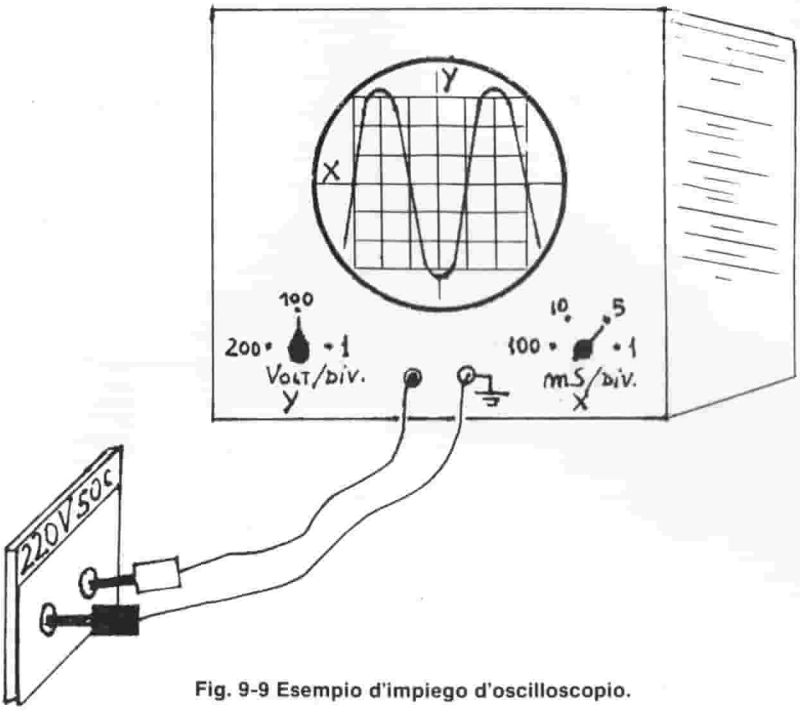


Fig. 9-9 Esempio d'impiego d'oscilloscopio.

Poichè il pennello elettronico viene fatto scorrere orizzontalmente sul cinescopio alla velocità impostata dal commutatore X, che nel nostro caso è regolato su 5 millisecondi per divisione, possiamo vedere che un intero ciclo della tensione misurata comprende 4 divisioni, ossia 4x5= 20 m S.
Il periodo di 20 mS può tradursi in misura di frequenza mediante la semplice relazione

$$F = \frac{1}{T} \quad \text{ossia} \quad f = \frac{1}{0{,}02} = 50 \text{ Hz.}$$

È chiaro come con tale strumento sia possibile visualizzare eventuali distorsioni delle tensioni, come pure misurare valori di picco di tensioni non sinusoidali o impulsive.
L'oscilloscopio disegnato in figura è puramente illustrativo; ne esistono vari modelli coi quali è possibile misurare con precisione valori di tensioni fino ai microvolt e frequenze di diverse centinaia di megahertz.

2) **Misuratori di fase.** Consentono misure di sfasamento fra diverse tensioni o fra tensioni e correnti.

3) **Misuratori di induttanza.** Sono dei generatori di determinata frequenza e tensione che consentono un raffronto fra la corrente introdotta in una resistenza pura e quella misurata in una induttanza.

4) **Capacimetri.** Ne esistono di vari tipi che offrono possibilità di misure con

varie precisioni. Si ricorre spesso al metodo di raffronto per misura di reattanza capacitiva facendo scorrere nel condensatore da misurare una corrente di frequenza ben determinata.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 9

9-1 Un milliamperometro va a fondo scala (f.s.) con la corrente di 100 μA (0,0001 A oppure $100 \cdot 10^{-6}$A); la sua resistenza interna è di 25 Ω, per cui è chiaro che la tensione ai suoi estremi per farlo indicare il f.s. sarà V= IxR= 0,0025 Volt.
Se vogliamo impiegare questo strumento per misure di 2 mA f.s.
È evidente che dovremo far scorrere in una resistenza di Shunt che gli porremo in parallelo la corrente di 0,002 - 0,001= 0,00199 A.
È anche evidente che ai capi della resistenza di Shunt, per la misura f.s., avremo ancora la tensione di f.s. dello strumento ossia 0,0025 Volt, essendo essa posta in parallelo allo strumento, per cui il valore di questo Shunt sarà dato da

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0{,}0025}{0{,}00199} = 1{,}256\ \Omega$$

Con tale impostazione di calcolo, trova le diverse resistenze da porre in parallelo ad uno strumento da 20μA f.s. e 40Ω di resistenza che si voglia impiegare per le seguenti misure di f.s.:
(1) 200 μA
(2) 500 μA
(3) 2 mA
(4) 5 mA
(5) 0,5 A

9-2 Un milliamperometro va a fondo scala con una corrente di 25 μA e la sua resistenza interna è di 50 Ω; dato che la sua scala è tracciata linearmente da 0 a 25, si vuole utilizzarlo quale voltmetro per tensioni fino a 250 Volt.
Quale sarà il valore della resistenza da porgli in serie per questa utilizzazione?

9-3 Il circuito illustrato nello schema impiega un milliamperometro da 100 μA fondo scala, Shuntato da una resistenza pari al valore della sua resistenza interna, ossia di 25 Ω.
Appare evidente che, per ottenere una indicazione di fondo scala le resistenze R_1 ed R_2 saranno attraversate da una corrente di 200 μA, anzichè di 100 μA, perchè 100 μA attraverseranno lo strumento, mentre altri 100 μA attraver-

I CONSIGLI DI ELETTROPRIMA

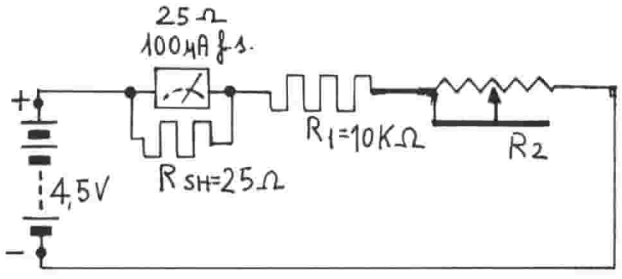
Elettroprima, la prima al servizio dei radioamatori.
Prima anche nell'assortimento (tutte le migliori marche) e nell'assistenza tecnica.
Garantito da IK2AIM Bruno e IK2CIJ Gianfranco.

ELETTROPRIMA S.A.S.
TELECOMUNICAZIONI
MILANO - Via Primaticcio, 162 - Tel. 02/4150276-416876

seranno la Rsh di valore identico a quello dello strumento.

(1) Quale valore dovremmo dare alla resistenza variabile R_2 per la lettura di fondo scala dello strumento?

(2) Se poniamo in parallelo allo strumento una ulteriore resistenza da 25 Ω, quale valore dovremmo dare a R_2 per la lettura di fondo scala?



9-4 Con un tester di sensibilità 20 kohm/V, si effettua una misura voltmetrica, con scala impostata per 50 V fondo scala. Quale resistenza presenterà il tester?

RISPOSTE

9-1 (1) 4,444 Ω; (2) 1,666 Ω; (3) 0,404 Ω; (4) 0,160 Ω; (5) 0,0016 Ω;
9-2 9.999.950 Ω
9-3 (1) 12.487,5 Ω; 4.991,66 Ω;
9-4 1 Mega Ohm.

CAPO 2

RADIOTECNICA - TELEGRAFIA TELEFONIA

CAPITOLO X

- **Resistenza induttanza e capacità concentrate e distribuite**
- **Comportamento dei circuiti comprendenti resistenze, induttanze e capacità al variare della frequenza**

RESISTENZA, INDUTTANZA E CAPACITA' CONCENTRATE E DISTRIBUITE

Quando si parla di resistenze, di induttanze e di capacità, solitamente ci si riferisce a dei resistori, bobine e condensatori aventi una certa dimensione fisica e caratterizzati principalmente dal loro rispettivo parametro.
Infatti se noi prendiamo ad esempio un resistore da 100 Ohm e lo sottoponiamo ad una tensione continua, avremmo semplicemente una corrente data dal rapporto.

$$\frac{V}{R}$$

e tale valore rimarrà costante anche se, anzichè una tensione continua, applicheremo una tensione alternata, fino, a qualche centinaio di Hertz.
Allorquando provassimo ad aumentare la frequenza della tensione applicata oltre certi limiti comincerebbero ad avere effetto anche quei parametri solitamente trascurabili del resistore impiegato, ossia la sua capacità e la sua induttanza.
Abbiamo già visto che non esiste un componente assolutamente puro. Una resistenza presenta anche una capacità per quanto minima tra i suoi elettrodi ed una anche minima induttanza, come pure una bobina presenta una resistenza e una capacità, e anche un condensatore non è esente da induttanza e da resistenza.
Tali parametri divengono importanti solo oltre certe frequenze e particolarmente quando le dimensioni fisiche del componente impiegato si avvicinano alla lunghezza d'onda della frequenza impiegata, in questo caso diremo che il nostro componente, bobina, condensatore, resistore, presenta delle "costanti distribuite" inquanto presenterà dei parametri distribuiti appunto lungo la sua dimensione.
Anche un semplice, cortissimo pezzetto di filo presenterà delle costanti induttive resistive e capacità delle quali, a certe elevate frequenze, dovremo tener conto.
In fig. 10-1 sono riprodotti due circuiti costituiti da una induttanza e una

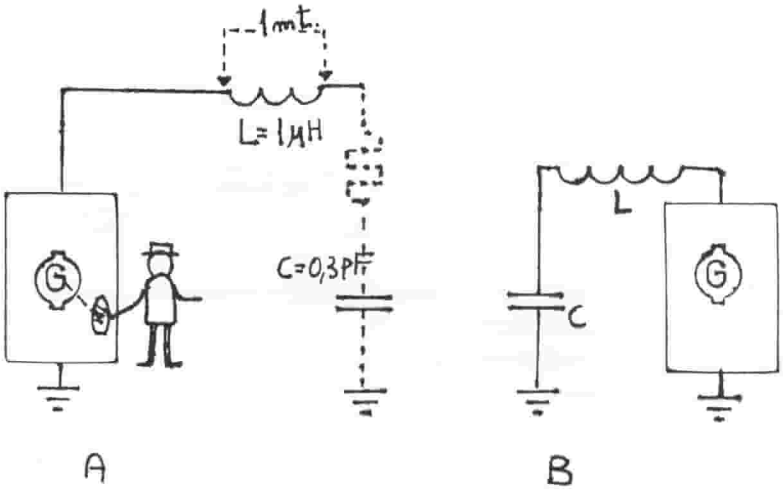


Fig. 10-1 A= Costanti distribuite;
B= Costanti concentrate.

capacità sostanzialmente euguali, ma quello del lato B si presenta sotto forma di costanti concentrate, ossia una bobina ad un condensatore come elementi ben definiti nella figura del lato A vediamo invece un pezzo di filo di lunghezza di circa un metro che costituisce una induttanza. Per semplicità abbiamo posto un solo condensatore a rappresentare la capacità comunque esistente tra il filo stesso e la massa, capacità che tuttavia è distribuita lungo i vari punti del filo, proviamo ora a vedere, applicando le formule già studiate in elettrotecnica, cosa succede quando incrementiamo la frequenza del generatore G a 1000 C/s.

$$Xc = \frac{1}{2\pi fc} = 530M\Omega \quad ; XL = 2\pi fL = 0{,}00628$$

poichè le due reattanze X_L ed X_C sono in opposizione di fase e poichè avremo una X_L irrilevante ed una X_C elevatissima nel circuito non scorrerà corrente.

a 100 Mc/s; $X_L = 2\pi fL = 2\pi.100.10^6.1.10^{-6} = 628\ \Omega$

$$Xc = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 0{,}3 \cdot 10^{-12}} = 5{,}30\ K\Omega$$

Trascurando il valore della Rs avremo un X complessiva data da

$X_C - X_L$ 5305 - 628 = 4677 Ω;

la corrente, che a 1000 Hz era pressochè nulla comincerà ad essere

$$\frac{V}{X} = \frac{100}{4677} = 21\ mA \text{ circa.}$$

a 290,575 Mc; $X_L = 2\pi fL = 2\pi 290{,}575 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 1825{,}7\ \Omega$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi 290{,}575.10^6 0{,}3.10^{-12}} = 1825{,}7\ \Omega$$

In questo caso abbiamo la frequenza di risonanza alla quale la X_L si annulla con la X_C di eugual valore e nel circuito avremo la massima corrente data dal rapporto

$$\frac{V}{Rs},$$

per cui più bassa sarà la Rs, più elevata sarà la corrente. Poichè la dimensione fisica del filo è di circa un metro e la lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza di 290,575 Mc è data da

$$\lambda = \frac{300}{f\ (mc)} \quad ; \quad \frac{300}{290.575} = 1{,}03 \text{ metri}$$

possiamo constatare come le costanti siano distribuite su di un sistema avente dimensioni fisiche vicine alla lunghezza d'onda corrispondente alla sua frequenza di risonanza, in altre parole il sistema si comporta come antenna.

La differenza fra il circuito in A e quello in B consiste dunque in questo. In B abbiamo due componenti, condensatore e bobina con dei valori in essi concentrati e aventi dimensioni fisiche, non legate alla lunghezza d'onda della frequenza impiegata, mentre in A sia l'induttanza che la capacità è distribuita sulle dimensioni del circuito, dimensioni che sono inoltre vicine alla lunghezza d'onda della frequenza.

In radiotecnica l'effetto della distribuzione delle costanti si fa sentire per frequenze elevate, ma anche in elettrotecnica non vanno trascurate. Si pensi infatti alle lunghissime linee per il trasporto d'energia e alla conseguente enorme induttanza dei conduttori e alle capacità che vengono a formarsi, distribuite lungo il loro percorso!

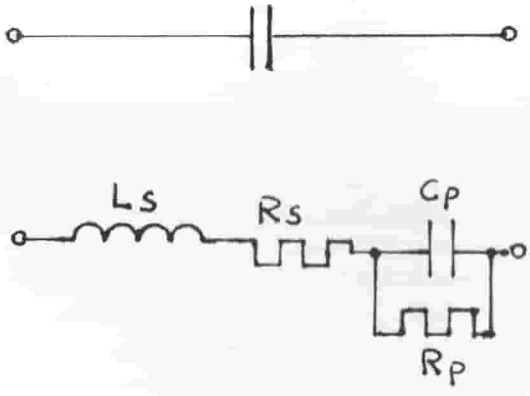


Fig. 10-2 Circuito equivalente di un condensatore.

Si può dire che, per frequenza particolarmente elevate un qualsiasi componente presenta parametri parassiti.
La fig. 10-2 mostra infatti un circuito equivalente ai parametri che si possono riscontrare in un semplice condensatore, quando impiegato a frequenze elevate. Solitamente la resistenza in serie presentata dal condensatore, Rs, può essere trascurata, ma d'altro lato la massima frequenza a cui il condensatore può lavorare è limitata dall'induttanza in serie Ls perchè, oltre il punto in cui Ls e Cp costituiscono un circuito risonante, la prevalenza di reattanza induttiva, sulla quale influisce la stessa lunghezza dei terminali del condensatore, comincia ad annullare la reattanza capacitiva Cp.

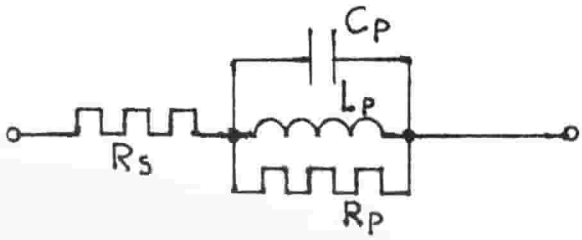


Fig. 10-3 Circuito equivalente di una bobina.

In fig. 10-3 è illustrato invece un circuito equivalente per una bobina, nel quale alla sola induttanza Lp sono connesse la Rs, resistenza in serie delle bobine; Rp resistenza distribuita lungo la bobina che si risolve come un'unica resistenza posta in parallelo; Cp, la capacità parassita distribuita sia fra le spire della bobina che fra i suoi terminali.

COMPORTAMENTO DEI CIRCUITI COMPRENDENTI RESISTENZE, INDUTTANZE E CAPACITA' AL VARIARE DELLA FREQUENZA

L'esempio relativo alla fig. 10-1 ci ha già chiarito due importanti fenomeni legati ai circuiti induttivi e capacitivi, nei quali è comunque inserita una certa resistenza parassita, al variare della frequenza:
1° - Con l'aumentare della frequenza, aumenta la reattanza induttiva, mentre diminuisce la reattanza capacitiva.
2° - I valori assunti dalle reattanze induttive e capacitive, essendo in opposizione di fase, si sottraggono fra loro fino ad annullarsi alla risonanza, sicchè in condizione di risonanza la corrente che scorrerà in un circuito in serie rimarrà determinata dal solo valore della resistenza.
L'analisi pratica che andremo a svolgere ci chiarirà ancor meglio il concetto.

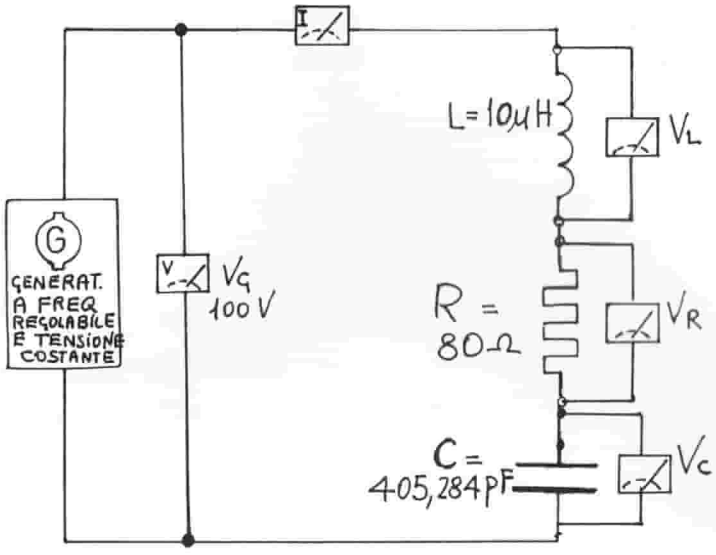


Fig. 10-4 Costruzione di un circuito compredente induttanza, resistenza e capacità per l'analisi della corrente e delle tensioni al variare della frequenza.
(I volmetri e l'amperometro si presumono senza influenza sui parametri del circuito; il generatore di resistenza interna trascurabile).

In Fig. 10-4 abbiamo supposto di collegare in serie una bobina da 10μH e un condensatore da 405,284 pF, alimentandoli con un generatore che ci fornirà 100 Volt efficaci costantemente, ma la cui frequenza potrà venire variata.
Bisogna soffermarsi sulla resistenza Rp che abbiamo arbitrariamente fissata in 80Ω. Tale resistenza non deve essere intesa come un componente già predisposto, ma come la resistenza parassita comunque presente in qualsiasi circuito. Le componenti resistive dei due circuiti equivalenti ad una bobina e ad un condensatore, già viste nelle fig. 10-2 e 10-3 possono essere sostituite con un'unica resistenza, come abbiamo fatto in questo circuito.
In altre parole, se noi poniamo praticamente in serie una bobina ed un condensatore dovremo comunque considerare in serie ad essi una resistenza parassita, il cui valore dipenderà principalmente dal materiale e dalle dimensioni della bobina, ma anche dalla qualità del condensatore e dalle dimensioni della bobina, e dalla stessa frequenza in cui il circuito verrà impiegato, inquanto anche la frequenza comporta variazioni nella perdita della bobina, che possono essere tradotte in variazioni di resistenza parassita.
Vogliamo analizzare cosa leggeremo sugli strumenti a diverse frequenze in questo circuito?

1) **Generatore a corrente continua:** il condensatore si caricherà in un certo tempo, presentando quindi ai suoi capi la stessa tensione del generatore.

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{\text{infinita}} = O; \quad V_L = O; \quad V_C = 100V;$$

2) **Generatore a 1 MHz:**

$X_L = 2\pi fL = 62{,}831\ \Omega$

$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \approx 392{,}699\ \Omega$

$X = X_C - X_L = 329{,}868\ \Omega$

$Z = \sqrt{X^2+R^2} = \sqrt{108812{,}9+6400} = 339{,}430\ \Omega$

$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{339{,}430} = 0{,}294\ A$

$V_L = X_L \cdot I = 62{,}831 \cdot 0{,}294 = 18{,}472\ V$

$V_C = X_C \cdot I = 392{,}699 \cdot 0{,}294 = 115{,}453\ V$

$V_R = R \cdot I = 80 \cdot 0{,}294 = 23{,}52\ V$

3) **Generatore A 2 MHz** (Effettuando il medesimo calcolo impostato per 1 MHz)

$I = 0{,}936\ A$

$V_L = X_L \cdot I = 125{,}663 \cdot 0{,}936 = 117{,}620\ V$

$V_C = X_C \cdot I = 183{,}782 \cdot 0{,}936 = 183{,}782\ V$

$V_R = R \cdot I = 80 \cdot 0{,}936 = 74{,}88\ V$

4) **Generatore A 2,4 MHz:**

$I = 1{,}234\ A$

$V_L = X_L \cdot I = 150{,}796 \cdot 1{,}234 = 186{,}082\ V$

$V_C = X_C \cdot I = 163{,}624 \cdot 1{,}234 = 201{,}91\ V$

$V_R = R \cdot I = 80 \cdot 1{,}234 = 98{,}72\ V$

5) **Generatore A 2,5 MHz:**

$I = 1{,}250\ A$

$V_L = X_L \cdot I = 157{,}079 \cdot 1{,}25 = 196{,}348\ V$

$V_C = X_C \cdot I = 157{,}079 \cdot 1{,}25 = 196{,}348\ V$

$V_R = R \cdot I = 80 \cdot 1{,}25 = 100\ V$

Per questa frequenza, essendo $X_L = X_c$, abbiamo la condizione di risonanza, per la quale la X complessiva si annulla e la corrente nel circuito, determinata dalla sola R, **raggiunge il massimo.**

6) **Generatore A 2,6 MHz:**

$I = 1{,}235\ A$

$V_L = X_L \cdot I = 163{,}362 \cdot 1{,}235 = 201{,}750\ V$

$V_C = X_C \cdot I = 151{,}038 \cdot 1{,}235 = 186{,}532$ V

$V_R = R \cdot I = 80 \cdot 1{,}235 = 98{,}80$ V

Si noti come la reattanza capacitiva è già divenuta minore di quella induttiva.

7) **Generatore A3 MHz**

$I = 1{,}014$ A

$V_L = X_L \cdot I = 188{,}495 \cdot 1{,}014 = 191{,}133$ V

$V_C = X_C \cdot I = 130{,}899 \cdot 1{,}014 = 132{,}731$ V

$V_R = R \cdot I = 80 \cdot 1{,}014 = 81{,}120$ V

8) **Generatore A 3,5 MHz:**

$I = 0{,}7453$ A

$V_L = X \cdot I = 219{,}911 \cdot 0{,}7453 = 163{,}899$ V

$V_C = X_C \cdot I = 112{,}199 \cdot 0{,}7453 = 83{,}621$ V

$V_R = R \cdot I = 80 \cdot 0{,}7453 = 59{,}624$ V

9) **Generatore A 4 MHz:**

$I = 0{,}578$ A

$V_L = X_L \cdot I = 251{,}327 \cdot 0{,}578 = 145{,}214$ V

$V_C = X_C \cdot I = 98{,}174 \cdot 0{,}578 = 56{,}744$ V

$V_R = R \cdot I = 80 \cdot 0{,}578 = 46{,}240$ V

Potremmo calcolare i valori I, V_L, V_C, V_R, che ci interessano per moltissime altre frequenze, impostando sempre il medesimo calcolo, e più numerose saranno le frequenze esaminate, più precise risulteranno le curve tracciate in Fig. 10-5, che abbiamo disegnate servendoci dei dati calcolati per queste nove diverse frequenze.

In figura 10-5 abbiamo disegnati i quattro grafici riproducenti l'andamento della I, V_R, V_L, V_C. Per i quali abbiamo contrassegnato con un punto i rispettivi valori calcolati, unendo poi i punti con dei tratti rettilinei, potremo così trovare subito i valori corrispondenti anche a frequenze non calcolate.

È interessante notare come la V_L salga rapidamente all'avvicinarsi della frequenza di risonanza, per scendere poi lentamente all'allontanarsi da essa, con l'aumento di frequenza, la V_C si comporta in modo opposto.
Altro dato interessante è la verifica di come la massima tensione V_L o V_C non corrisponda esattamente con la frequenza di risonanza: per la V_L si verifica ad una frequenza più alta, mentre per V_C si verifica ad una frequenza più bassa.

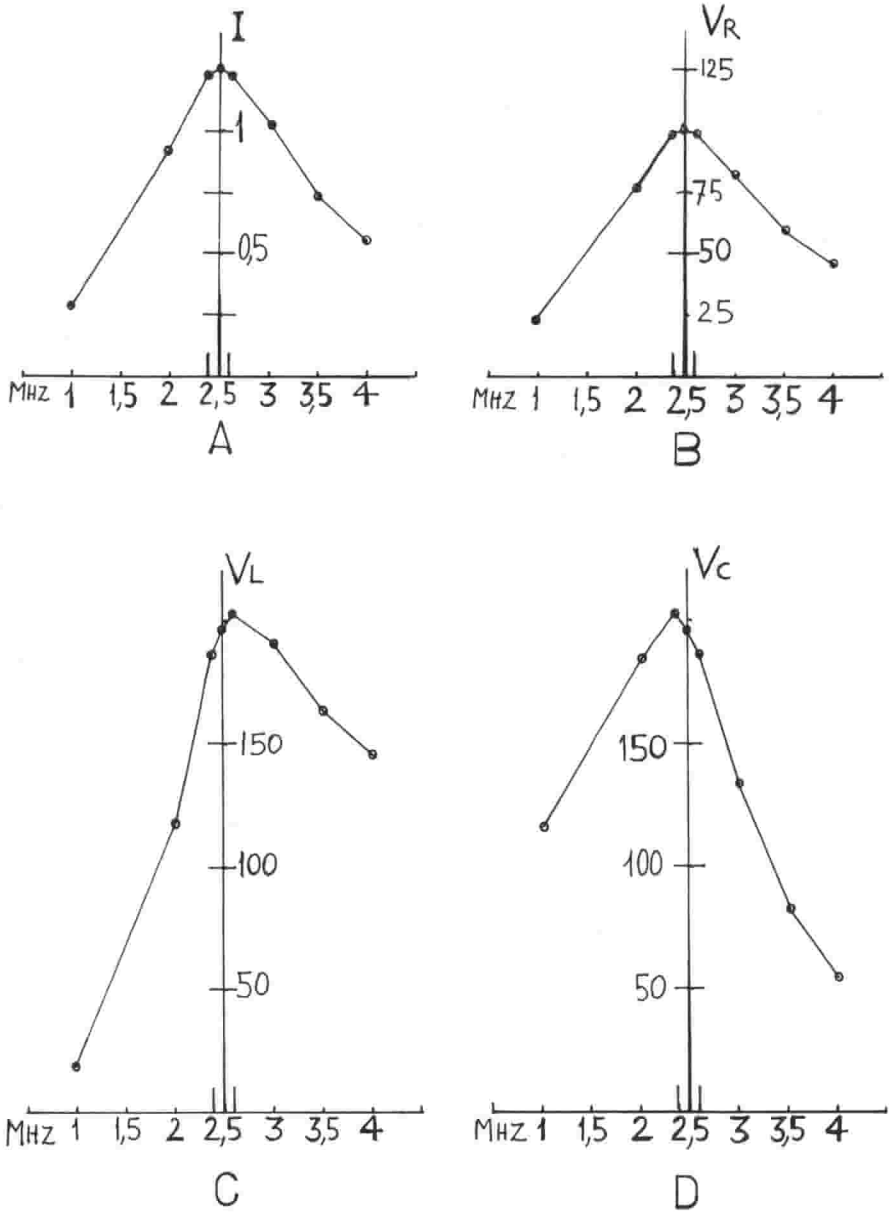


Fig. 10-5 Grafici dei valori riscontrati corrispondenti alle frequenze 1;2;2,4;2,5;2,6;3;3,5;4 MHz

ESERCIZI SUL CAPITOLO 10

10-1 In un circuito come quello di fig. 10-4 abbiamo una L di 25 μH; una C di 350 pF e una R di 45 Ω.
Alimentando questo circuito con una frequenza di 6 MHz, quale sarà la sua impedenza Z complessiva?
Alimentando questo circuito con una frequenza di 1,7 MHz, quale sarà la sua impedenza Z complessiva?

10-2 Nel circuito di fig. 10-4, sostituiamo la resistenza R con un'altra di valore 25 Ω, lasciando immutati i valori di L e di C.
Alimentando il circuito con il generatore a 2,5 MHz, sempre con 100 Volt, quale sarà il valore della corrente nel circuito?
Quali tensioni leggeremo per V_L e per V_C?

10-3 Calcolare i valori di reattanza induttiva presentati da una bobina da 450 mH alle seguenti tre frequenze 250 KHz; 800 KHz; 5500 KHz?

RISPOSTE

10-1 867,857 Ω; 45,002 Ω;
10-2 4 A; V_L = 628,316 V; V_C = 628,316 Volt
10-3 706.858 Ω; 2.261.946 Ω; 15.550.884 Ω;

CAPITOLO XI

- **La risonanza elettrica e il "Q" del circuito**
- **Risonanza serie e parallelo di un circuito**
- **Risonanza di due circuiti accoppiati**
- **Il circuito di quarzo quale circuito Lc - I filtri -**
- **Il più semplice radioricevitore**

LA RISONANZA ELETTRICA E IL "Q" DEL CIRCUITO

Il fenomeno della risonanza, già studiato anche in elettrotecnica, è quello che riveste maggior importanza in radiotecnica. Sintonizzare un ricevitore significa esattamente regolare il valore di una capacità (o di una induttanza) di quel ricevitore affinchè la X_L divenga eguale alla X_C per la frequenza che si vuol ricevere, in questo caso i debolissimi segnali che si presentano all'antenna, provenienti dallo spazio, svolgono la funzione del generatore G della nostra fig. 10-4, anzi diremo che all'antenna è come se fossero applicati numerosi generatori delle più svariate frequenze, ma noi andremo a sintonizzare il nostro ricevitore per la frequenza che ci interessa, variando la capacità di C oppure l'induttanza di L e potremo pertanto utilizzare l'elevata tensione V_L oppure V_C che si riscontrerà, alla risonanza per applicarla ai circuiti d'amplificazione!
Rimanendo sull'esempio di fig. 10-4, abbiamo visto come la massima tensione V_L e V_C dipenda dalla corrente che scorre nel circuito e poichè tale corrente sarà tanto più elevata alla risonanza quanto più basso sarà il valore di R, inteso come resistenza parassita in serie al circuito, possiamo dire che il rendimento di questo circuito è dato dal rapporto fra X_L (oppure X_C) e la R, in condizioni di risonanza.
Questo rapporto

$$\frac{X_L}{R}$$

viene chiamato Q del circuito, ad intendere il "fattore di merito" del circuito stesso.
Non va dimenticato che il Q di una bobina, pur rimanendo abbastanza costante entro un certo campo di frequenza, può subire variazioni anche notevoli inquanto la resistenza parassita R in un circuito serie tende ad aumentare in modo non proporzionale alla X_L, con l'aumentare della frequenza, per cui una bobina che ad esempio offra un Q di 100 a soli 10 MHz, potrebbe ridurlo a 80 oltre i 15 MHz.
Il "Q" ci è utile nelle seguenti relazioni

$$Q = \frac{X_L}{R} \; ; \qquad X_L = Q \cdot R$$

$$V_L = V \cdot Q$$

$$V_C = V \cdot Q$$

$$B = \text{Bandapassante} = \frac{fo}{Q}$$

dove con "fo" si indica la frequenza di risonanza, e per "banda passante" la differenza di frequenza compresa fra i punti dove la massima tensione di risonanza cala a 7/10 del suo valore.
Utilizzando queste formule per il nostro circuito di fig. 10-4 possiamo subito calcolare che il suo Q sarà alla risonanza.

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{157{,}079}{80} = 1{,}9634$$

E possiamo inoltre verificare che alla risonanza la V_L sarà:

$V_L = V.Q = 100.1{,}9634 = 196{,}34$ V

Mentre la banda passante, dove la tensione di 196,34 V si ridurrà a

$$196{,}34 \cdot \frac{7}{10} = 137{,}438 \text{ V}$$

sarà: $B = \frac{fo}{Q} = \frac{2.500.000}{1{,}9634} = 1.273.301{,}4$ c/s

ossia 1,273 MHz.

Se riesaminiamo i grafici C e D di fig. 10-5 possiamo verificare infatti che attorno alla frequenza di risonanza ai punti
2,5-(1,273/2)= 1,86 e 2,5+(1,273/2)= 3,1365; la media delle tensioni rilevate si aggira appunto sui 140 Volt.
Per la stessa verifica si può controllare come anche la tensione V_R di 100 Volt alle risonanze si abbassi a 100 : 7 = 70 Volt agli estremi della banda passante.
È evidente come il Q possa essere facilmente misurato rilevando la banda passante alla risonanza di un circuito, infatti se

$$B = \frac{fo}{Q}$$

possiamo dire anche $Q = \frac{fo}{B}$

a tale metodo si ricorre generalmente per la misura del Q dei circuiti risonanti.
Già nello studio dell'elettrotecnica si era visto come calcolare la frequenza di risonanza di un circuito Lc; sarà comunque utile ripetere il procedimento.
Poichè si ha la risonanza quando la reattanza induttiva è identica alla reattanza capacitiva possiamo dire che la risonanza si verifica quando

$$X_L = X_C$$

ossia quando $2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$

in altre parole quando il rapporto fra X_L e X_C darà 1

$$2\pi fL \ : \ \frac{1}{2\pi fC} = 1$$

1; effettuando l'operazione otteniamo

$$1 = 2\pi fL \cdot \frac{2\pi fc}{1} = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L \cdot C = 1$$

da questa formula possiamo ricavare tutti i dati che ci interessano:

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

a verifica di queste tre importantissime formule possiamo appunto calcolare che il circuito di fig. 10-4 entrerà in risonanza alla frequenza:

$$f^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 405{,}284 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot 10 \cdot 405{,}284 \cdot 10^{-18}} = \frac{1}{1{,}59999 \cdot 10^{-13}}$$

$f^2 = 6{,}25001 \cdot 10^{12}$; $f = \sqrt{6{,}25001 \cdot 10^{12}} = 2.500.002{,}3 = 2{,}5$ Mc/s

RISONANZA IN SERIE E IN PARALLELO DI UN CIRCUITO

Il "Q" del circuito di fig. 10-4, sul quale abbiamo impostato la nostra analisi, risulta inferiore a 2, molto basso per circuiti radio. In pratica il Q di normali induttanze è compreso fra il 60 e il 200.
Nei circuiti pràticamente realizzati in radiotecnica la risonanza viene ottenuta molto frequentemente dal parallelo fra RLC, anzichè dalla serie. Difatti nel nostro esempio avevamo supposto d'impiegare un generatore di resistenza trascurabile, dal quale assorbire quanta corrente ci pareva, mentre in realtà la tensione dei segnali in arrivo ad una antenna può considerarsi come un generatore in grado di fornire correnti infime: con la risonanza in parallelo s'ottiene infatti che la corrente assorbita del circuito risonante sia minima, anzichè massima; per tal motivo la risonanza in parallelo viene chiamata anche "antirisonanza".
In fig. 11-1 abbiamo ridisegnato il circuito di fig. 10-4 mutando soltanto il valore di R, per portarci a valori più realistici nella pratica radiotecnica. In A è ottenuta la risonanza in serie, mentre in B gli stessi componenti sono posti in parallelo.
Da notarsi come la resistenza di perdita R, sempre legata molto più alla L, sia

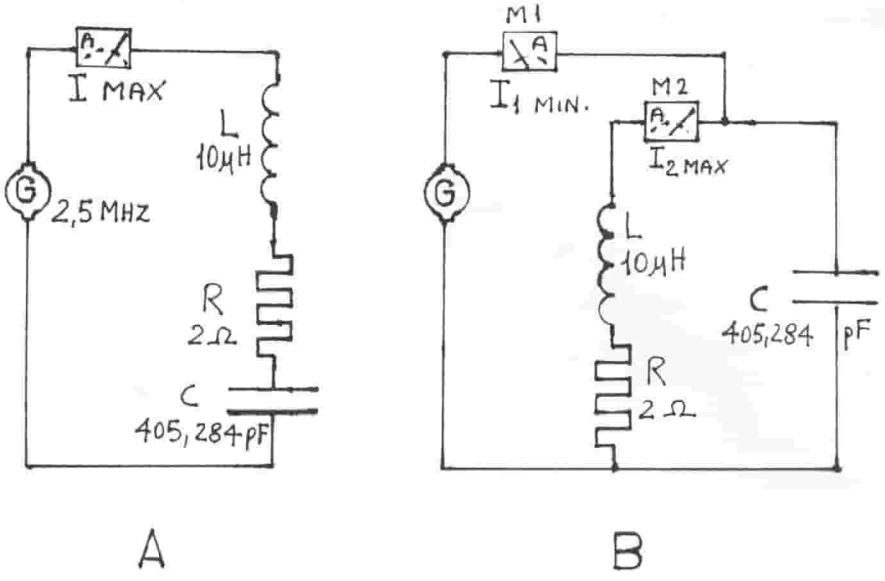


Fig. 11-1 A risonanza in serie; B risonanza in parallelo.

ancora considerata in serie ad essa.
Le reattanze in ogni caso rimangono

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot \pi \cdot 2{,}5 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 157{,}079\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 2{,}5 \cdot 10^6 \cdot 405{,}284 \cdot 10^{-12}} = 157{,}079\ \Omega$$

il Q del circuito, dato dal rapporto

$$\frac{X_L}{R}$$

sarà:

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{157{,}079}{2} = 78{,}539$$

sicchè nel circuito risonante in serie di fig. 11-1 (A) avremo

$$\left.\begin{aligned} V_L &= V.Q \\ V_C &= V.Q \end{aligned}\right\}$$ dove per V s'intende la tensione del generatore.

L'impedenza del circuito annulandosi a vicenda la X_L e la X_C sarà data dalla sola R, ossia sarà di soli 2 Ω.
Nel circuito di figura 11-1 (B) otteniamo eugualmente la risonanza con i medesimi valori di X_L e di X_C ma con effetti molto diversi; difatti la tensione ai capi di C e di L rimane ancora quella del generatore, ma abbiamo un trasferimento di corrente fra C ed L che raggiunge il massimo; tutta l'energia

accumulata da C viene alternativamente trasferita in L e da questa ancora in C, senza altro assorbimento che quello provocato dalla R, di piccolissimo rilievo dato il basso valore di R rispetto alla X_L.
In questa condizione il circuito presenta al generatore la sua massima impedenza, e conseguentemente assorbe dal generatore la minima corrente.
Anche per la risonanza in parallelo il Q del circuito è dato da

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{157{,}079}{2} = 78{,}539$$

mentre l'impedenza presentata da questo circuito al generatore è data dal prodotto di Q e della X_L (oppure X_C) ossia

$$Z = X_L \cdot Q = 157{,}079 \cdot 78{,}539 = 12.336\ \Omega$$

oppure è anche data dal rapporto fra il quadrato di X_L e la R, ossia

$$Z = \frac{X_L^2}{R} = \frac{24673{,}812}{2} = 12.336\ \Omega$$

la corrente I_1 che leggeremo in M1 sarà dunque data da

$$I_1 = \frac{V}{Z},$$

mentre la corrente che si trasferisce fra L e C sarà data da $I_1 . Q$, quindi molto maggiore della I_1 assorbita dal generatore.
Con la risonanza in parallelo otteniamo quindi la massima energia in L (oppure in C) con un assorbimento minimo dal generatore, la qual cosa è molto importante in radiotecnica, dovendo operare con segnali molto deboli. Se vogliamo prelevare una certa energia dal circuito risonante in parallelo, basterà, accoppiare una seconda bobina a quella del circuito risonante, come illustrato in fig. 11-2.
Tale disposizione circuitale è senza dubbio la più impiegata in radiotecnica.

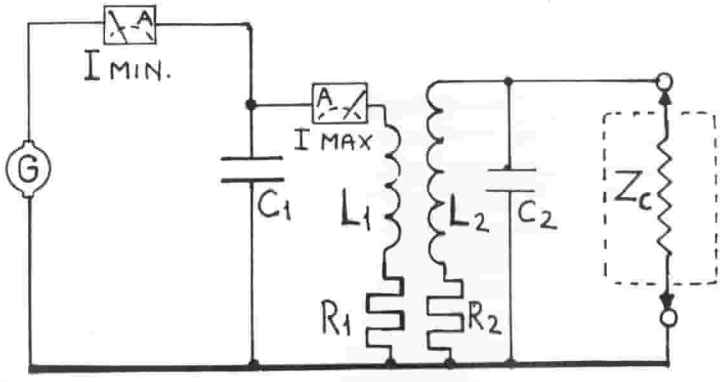


Fig. 11-2 Circuito risonante in parallelo, con secondo circuito accoplato.

Le bobine L_1 L_2 costituiscono un vero trasformatore nel quale L_1 ha la funzione di avvolgimento primario, mentre L_2 di secondario. La bobina L_2 può essere inoltre calcolata per presentare, assieme al condensatore C_2, un'impedenza uguale a quella del carico Z_C, consentendo su quest'ultimo il massimo trasferimento d'energia.
Va subito notato come il circuito accoppiato composto da L_2-R_2-C_2-Z_C, assorbendo energia da L_1, conporti un aumento della resistenza parassita R_1, e conseguentemente una diminuzione del Q del circuito risonante primario.

RISONANZA DI DUE CIRCUITI ACCOPPIATI

Due circuiti si dicono accoppiati quando la tensione o la corrente presente in uno di essi, produce una tensione o corrente anche nell'altro. Il circuito dove viene generata si chiama primario, quello che la riceve si chiama secondario. Lo schema illustrato in fig. 11-2 costituisce un esempio tipico ed impiegatissimo di circuiti accoppiati posti in risonanza, ma l'accoppiamento può essere ottenuto in vario modo.
Si pensi al momento in cui una radiolina viene sintonizzata su una stazione emittente, lontana decine di kilometri si tratta pur sempre di un circuito LC, accoppiato con l'energia irradiata dal trasmettitore, e messo in risonanza con questo. In questo caso l'effetto del circuito risonante accoppiato (radiolina) sul circuito primario (trasmettitore) è trascurabile agli effetti del Q del circuito primario, data la pochissima energia assorbita, si dice in questo caso che l'accoppiamento è molto basso e ai fini delle misure dei

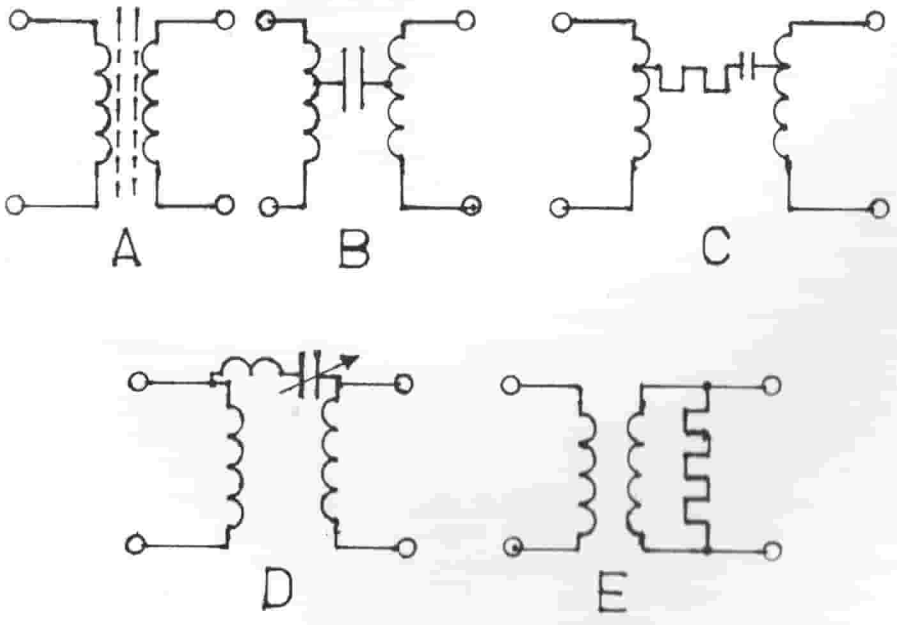


Fig. 11-3 Varie soluzioni d'accoppiamento

parametri elettrici i circuiti primario e secondario possono venire considerati come indipendenti.
Quando invece l'accoppiamento è tale da comportare un apprezzabile assorbimento d'energia dal circuito primario si deve tener conto appunto del coefficiente d'accoppiamento fra i due circuiti, denominato "K".
L'accoppiamento può inoltre essere ottenuto in modi diversi dalla sola mutua induzione fra bobine; varie combinazioni fra accoppiamenti capacitivi, induttivi, induttivi-capacitivi, capacitivi resistivi si rendono spesso utili per i più svariati adattamenti d'impedenza e per i coefficienti d'accoppiamento più convenienti.
La fig. 11-3 ne da qualche esempio.
Si potrebbero stendere numerose formule sul calcolo di questi circuiti, ma avrebbero scarso valore pratico data la difficoltà di poter rilevare tutti i parametri. Anche nella pratica le induttanze e capacità vengono approssimativamente calcolate con le formule relative alla risonanza e successivamente vengono effettuati ritocchi sul circuito fino ad ottenerne la resa voluta, grazie all'impiego di condensatori variabili, detti compensatori o "trimmers", come dalla figura D, e all'impiego di nuclei regolabili per le bobine, che consentono piccole modifiche alla loro induttanza, come dalla fig. A in 11-3.
Generalmente si tende a costruire delle bobine con valori di Q molto elevati, ma talvolta è utile disporre di una banda passante larga e quindi si rende necessario abbassare il Q del circuito accoppiato; le fig. E in 11-3 illustra un espediente molto impiegato a tale scopo, la resistenza in parallelo alla bobina secondaria ne abbassa il Q in modo tanto più rilevante quanto più basso è il suo valore resistivo.

IL CRISTALLO DI QUARZO QUALE CIRCUITO LC

La risonanza ottenuta con bobina e condensatori soffre di alcuni inconvenienti: impossibilità ad ottenere fattori di merito Q molto elevati, e difficoltà a conservare stabile la frequenza di risonaza datochè gli effetti della temperatura o la presenza di campi magnetici in prossimità dei componenti tendono ad alterare i valori di L e di C; d'altro canto la possibilità di impiegare condensatori variabili consente di far risuonare un circuito L C su una vasta gamma di frequenza.
Per applicazioni che richiedono una frequenza fissa molto stabile si ricorre alle proprietà piezoelettriche del cristallo di quarzo.
Vi sono circa 50 sostanze che presentano attività piezoelettrica, ossia la caratteristica di rispondere alle sollecitazioni meccaniche con delle tensioni elettriche.
In pratica viene usato il cristallo di tormalina o un cristallo ottenuto per sintesi chimica. Il cristallo viene tagliato per una certa dimensione, più precisamente lo spessore del cristallo è inversamente proporzionale alla frequenza su cui esso entrerà in risonanza.
Il pezzetto di quarzo viene tagliato per uno spessore leggermente maggiore rispetto alla frequenza di risonanza, quindi viene fresato fino a portarlo esattamente in risonanza, simulando esternamente la capacità parassite che

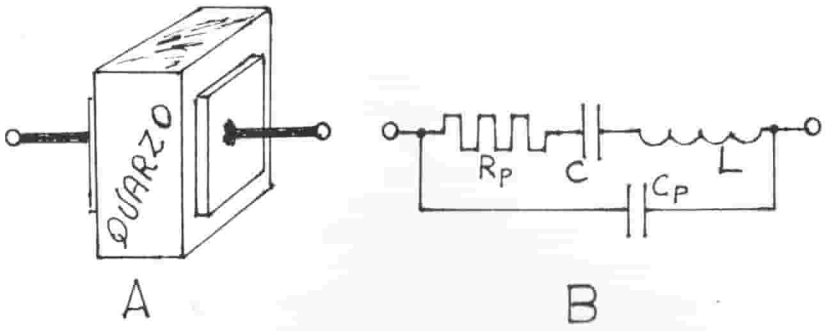


Fig. 11-4 A) Costruzione di un cristallo piezoelettrico B) Circuito equivalente di cristallo

troverà nel circuito; completata questa operazione verranno fissate sui suoi lati due placchette metalliche alle quali sono saldati i due terminali per il collegamento al circuito, come illustrato in fig. 11-4 A; l'insieme viene poi chiuso in un contenitore ermetico per minimizzare gli effetti della temperatura. In fig. 11-4 B è schematizzato il circuito equivalente di un quarzo. Si tratta com'è evidente di un circuito risonante in serie nel quale scorrerà la massima corrente alla frequenza di risonanza. La capacità Cp in parallelo sta ad indicare la capacità parassita presente ai terminali del quarzo e va sottolineato come la resistenza Rp sia da considerarsi estremamente bassa nei confronti della XL e della XC; infatti mentre per le normali bobine si ottengono dei fattori di merito "Q" dell'ordine di 200 o 500, con i quarzi sono ottenibili "Q" di oltre 10.000; l'impedenza del quarzo asume valori elevatissimi fuori risonanza per abbassarsi ripidamente alla risonanza. Il grafico di fig. 11-5 illustra la differenza in una curva di risonanza fra un circuito L-C risonante in serie con bobine avente Q= 250 ed un quarzo avente Q=5000.

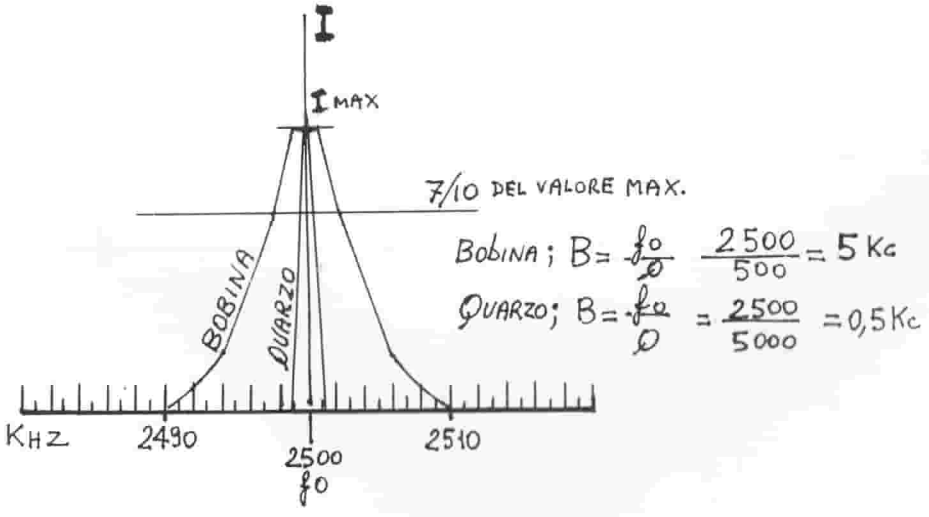


Fig. 11-5 Differenze nelle curve di risonaza fra una bobina ed un quarzo.

L'impiego dei circuiti accoppiati, dei circuiti risonanti in genere e dei quarzi, si estende anche alla loro utilizzazione quali filtri di banda, quando si voglia selezionare solo una certa banda di frequenza, in questo caso il loro Q andrà calcolato e sarà tanto più elevato quanto più stretta si varrà la banda passante da filtrare.
Ma sovente interessa filtrare soltanto le frequenza al di sotto oppure al disopra di un certo valore in tal caso si parla di filtri "passa basso" e di filtri "passa alto" intendendo che essi presentino impedenze elevate solo per frequenze sotto o sopra i valori prefissati.
Alcuni esempi vengono illustrati nelle figure 11-6 e 11-7.

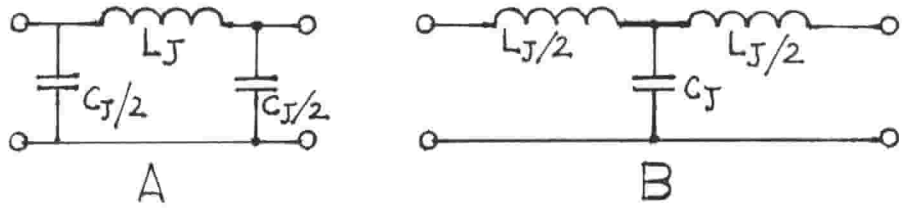


Fig. 11-6 Filtri passa basso.

Partendo dall'impedenza complessiva Z (sia d'ingresso che d'uscita) avremo

$$Lj = \frac{Z}{\pi \cdot f_T}$$

$$Cj = \frac{1}{\pi \cdot f_T \cdot Z}$$

dove f_T è la frequenza di taglio, sopra la quale il circuito presenta impedenza elevata.
In termini più semplici la bobina Lj costituisce un blocco, data l'elevata impedenza, per le frequenze superiori a f_T, mentre i condensatori Cj/2 provvedono a cortocircuitare le frequenze superiori a f_T; per quelle inferiori la loro reattanza è troppo elevata e quindi tali frequenze transitano in Lj raggiungendo i morsetti d'uscita.

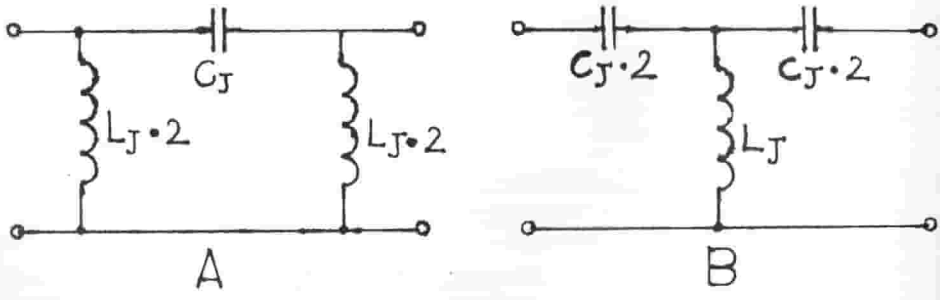


Fig. 11-7 Filtri passa alto

Nei sistemi filtranti di fig. 11-7 le induttanze presentano bassa reattanza per le frequenze al di sotto di f_T, quindi queste vengono cortocircuitate, come pure il condensatore Cj presenta bassa reattanza solo per frequenze superiori a f_T che possono in esso transitare (fig. A).
Le formule sono:

$$Lj = \frac{Z}{4 \cdot \pi \cdot F_T}$$

$$Cj = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot f_T \cdot Z}$$

In fig. B il primo condensatore Cj è di piccola capacità, sicchè presenta alta reattanza per le frequenze basse, lasciando transitare solo quelle alte, la bobina Lj presenta a sua volta una bassa reattanza che cortocircuita le frequenze basse comunque transitate nel primo Cj, il secondo Cj lascerà transitare le frequenze alte, bloccando le residue frequenze basse.

IL PIU' SEMPLICE RADIORICEVITORE

L'applicazione pratica dei circuiti risonanti ci permette di realizzare un semplicissimo radioricevitore sperimentale la cui costruzione era per gli antichi dilettanti una tappa quasi obbligatoria nello studio della radiotecnica; lo schema è quello di fig. 11-8.
La bobina L, posta in parallelo al condensatore CV costituisce un circuito risonante in parallelo che verrà posto in risonanza su una delle numerose frequenze presenti all'antenna.

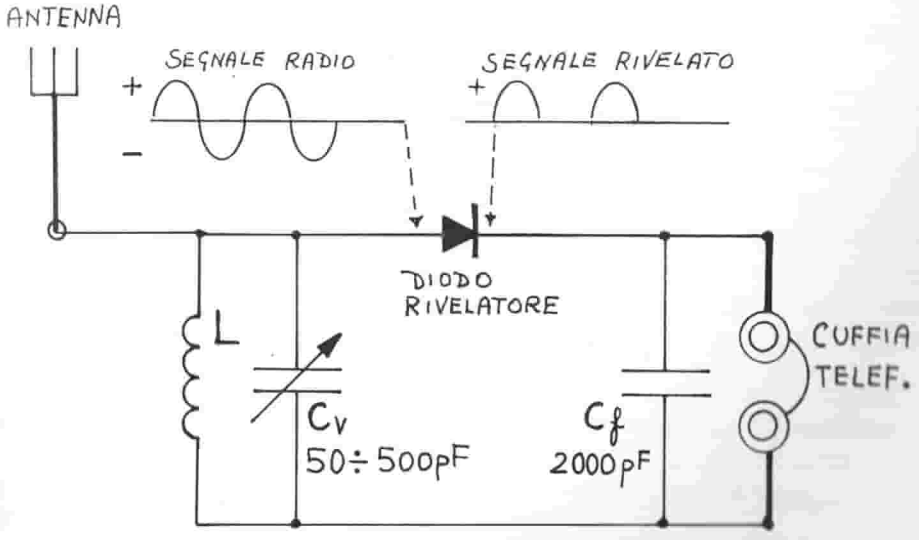


Fig. 11-8 Semplice ricevitore a semiconduttore.

Il diodo lascierà transitare soltanto la semionda positiva del segnale ricevuto, ottenendosi così il fenomeno di "rivelazione". In cuffia potremo udire il segnale a bassa frequenza (modulazione) contenuto nell'alta frequenza che verrà cortocircuitata dalla bassa reattanza del condensatore Cf.
Prima dell'avvento dei moderni diodi al germanio o al silicio tale componente veniva ottenuto con qualche pezzetto di materiale semiconduttore, generalmente il cristallo di galena, ma anche talvolta si usava un pezzo di patata!
Vediamo ora di applicare le formule già esaminate per un calcolo della gamma di frequenze ricevibili.
Il condensatore Cv presenta una capacità minima di 50 pF e a tale impostazione vogliamo ricevere la frequenza di 1800 kc, quale dovrà essere il valore della bobina L?

$$\text{Poichè } L = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot C} = \frac{1}{4 \cdot 9{,}869 \cdot 3{,}24 \cdot 10^{12} \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{4 \cdot 9{,}869 \cdot 3{,}24 \cdot 50};$$

$$L = \frac{1}{6395{,}11} = 1{,}563 \cdot 10^{-4} = 156{,}3 \cdot 10^{-6} = 156{,}3\ \mu H$$

fissato così che la bobina dovrà avere una L di 156,3 μH possiamo calcolare la frequenza più bassa che potremo ricevere, ponendo il condensatore variabile Cv alla sua massima capacità di 500 pF.

$$f^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot LC} = \frac{1}{4 \cdot 9{,}869 \cdot 156{,}3 \cdot 10^{-6} \cdot 500.10^{-12}} = \frac{1}{39{,}476 \cdot 156{,}3 \cdot 500 \cdot 10^{-18}};$$

$$f^2 = \frac{1}{3085049{,}4 \cdot 10^{-18}} = \frac{1}{3{,}0850494 \cdot 10^{12}} = 3{,}24143 \cdot 10^{11}$$

$$f = \sqrt{3{,}24143 \cdot 10^{11}} = 569{,}33 \cdot 10^{3} = 569{,}33\ \text{Kc/s}$$

Abbiamo così calcolato come potremmo esplorare una gamma di frequenze comprese fra 570 Kc e 1800 kc semplicemente agendo sul condensatore variabile Cv.
Alla frequenza di 1800 kc il condensatore di fuga Cf presenterà la reattanza

$$X = \frac{1}{2\pi fc} = 44{,}2\ \Omega$$

con una reattanza così bassa la residua radiofrequenza verrà praticamente cortocircuitata a massa, mentre il segnale di modulazione, la cui frequenza raggiunge al massimo i 7 kc per le normali radiodiffusioni risulterà ricevibile in cuffia inquanto la reattanza del condensatore sarà troppo elevata per

cortocircuitarla infatti

$$X = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\pi \cdot 7 \cdot 10^3 \cdot 2000 \cdot 10^{12}} = 11368\ \Omega$$

Il Q del circuito LC del nostro ricevitore risulterà basso data la resistenza parassita del diodo; se tuttavia lo vogliamo considerare dell'ordine di 80, possiamo calcolare che la selettività di tale apparecchio, ossia la larghezza della banda sintonizzata sarà

$$B = \frac{fo}{Q}$$

e quindi per f= 1800 kc avremo

$$B = \frac{1800}{80} = 22{,}5\ \text{kc},$$

mentre per f = 570; $B = \frac{570}{80} = 7{,}12$ kc

Un simile ricevitore risulta utilissimo per scopo didattico, la sua sensibilità e selettività dipendono dal Q della bobina impiegata e la sua resa dipende essenzialmente dall'antenna cui verrà collegato.
Presenta il grande vantaggio di essere passivo, ossia di non abbisognare di alcuna alimentazione, in quanto il segnale ricevuto è direttamente "captato", in altre parole si tratta di un circuito ricevente accoppiato attraverso lo spazio al trasmettitore su cui viene accordato. È evidente come, non essendovi amplificazioni, siano ricevibili soltanto segnali molto forti, provenienti da stazioni emittenti molto potenti e sufficientemente vicine; ai componenti che consentono l'amplificazione dedicheremo il prossimo capitolo.
Va ricordato come ricevitori passivi simili a quello di fig. 11-8 venissero ancora usati qualche decennio fa su piroscafi, quali ricevitori d'emergenza e come alcune varianti del circuito illustrato, aggiunta di induttanze e accoppiamenti ben calcolati all'antenna, consentissero notevoli migliorie alla sensibilità e selettività. Il loro principio di funzionamento è comunque quello fondamentale della radiotecnica: il fenomeno della risonanza.

LA CUFFIA TELEFONICA

Un importatore componente del ricevitore descritto e schematizzato in fig. 11-8, è la cuffia telefonica: ideata dal Meucci, inventore del telefono, essa rappresenta l'elementare dispositivo in grado di trasformare segnali elettrici in acustici, ovvero di trasformare segnali acustici in segnali elettrici.
La sua costruzione è illustrata in fig. 11-9 a.
Due avvolgimenti di sottile filo di rame (bobine) vengono posti in serie sui poli di una calamita, mentre una sottile lamella di ferro dolce viene posta in stretta prossimità agli stessi poli.

Qualunque segnale elettrico venga applicato ai terminali degli avvolgimenti produrrà una variazione del campo magnetico nella calamita e una corrispondente sollecitazione meccanica nella lamina di ferro. Gli spostamenti meccanici della lamina, produrranno variazioni di pressione all'aria circostante riproducenti in suono il segnale elettrico applicato ai terminali.

La fig. 11-9 b illustra appunto la deformazione che la lamina subisce qualora i terminali della cuffia vengano collegati ad una batteria: a seconda della polarità con cui la batteria viene collegata la lamina sarà atratta ovvero respinta dai poli della calamita.

Il fenomeno è ovviamente reversibile: sollecitando con un segnale acustico la lamina verrà variato il campo magnetico della calamita e si otterrà una corrispondente tensione indotta ai terminali dell'avvolgimento di filo.

Collegando assieme i terminali di due cuffie si ottiene già un rudimentale sistema telefonico, nel quale ciascuna cuffia si comporta anche da microfono.

La cuffia è caratterizzata dall'impedenza presentata dall'avvolgimento di filo; per le cuffie di usuale impiego l'impedenza è compresa fra i 300 e i 4000 Ω.

La sensibilità delle cuffie è normalmente elevatissima, al punto da rendere già percettibili all'orecchio umano segnali elettrici di pochi microVolt!

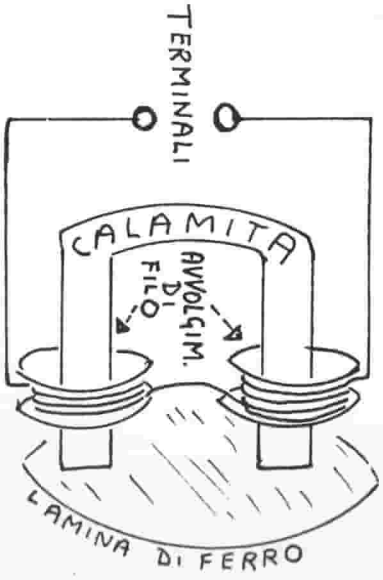


Fig. 11-9 a

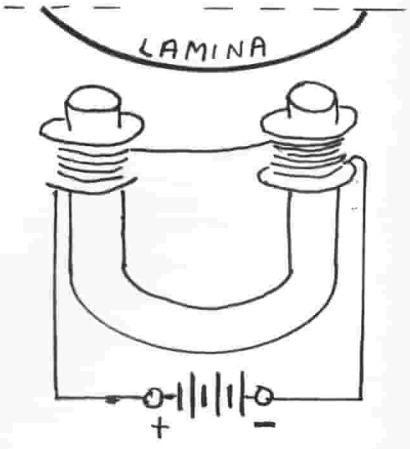


Fig. 11-9 b

ESERCIZI SUL CAPITOLO 11

11-1 La reattanza induttiva di una bobina, in un circuito risonante, è di 280 Ω, la resistenza parassita in serie alla bobina è di 5Ω, mentre le perdite resistive del condensatore sono trascurabili, quale sarà il Q di questo circuito risonante?
Se questo circuito risuona alla frequenza di 1120 kc/s, quale sarà la banda passante B?

11-2 Una bobina di induttanza 25μH viene posta in serie ad un condensatore di 50 pF; quale sarà la frequenza di risonanza di questo circuito?

11-3 Un circuito risonante in serie, entra in risonanza alla frequenza di 6,2 Mc/s, il suo condensatore presenta capacità di 35 pF, quale sarà il valore L della bobina?
Nel tracciare il grafico di risonanza, rileviamo che questo circuito presenta una banda passante B= 18 kc/s (0,018 Mc/s); qual'è il Q del circuito?

11-4 Un circuito risonante in parallelo è composto da una L = 15 μH e una C= 40 pF, qual'è la sua frequenza di risonanza ? Sapendo che il Q di questo circuito è di 300 quale sarà l'impedenza che esso presenterà al generatore?

11-5 Si vuole realizzare un ricevitore come quello di fig. 11-8 impiegante un Cv di capacità minima 60 pF e massima 400 pF. Volendo ricevere la massima frequenza (corrispondente a Cv minima) di 3,7 Mc/s quale valore L dovrà avere la bobina?
Ponendo Cv sul suo massimo valore di 400 pF quale frequenza potremo ricevere?

RISPOSTE

11-1 56; B= 20 kc/s
11-2 4501,581 kc/s;
11-3 18,827 μH; Q= 344,4
11-4 6497,473 kc/s; 183,711 kΩ
11-5 30,838 μH; 1,433 Mc/s

CAPITOLO XII

- **L'amplificazione dei segnali elettrici: valvole e transistori**
- **Le valvole (tubi elettronici) e le loro caratteristiche costruttive**
- **Le curve caratteristiche dei tubi elettronici. Triodi, tetrodi, pentodi**
- **Impiego delle valvole in circuiti di amplificazione. Guadagni di tensione e di corrente**
- **Generazione di segnali con l'impiego di valvole (oscillatori)**

L'AMPLIFICATORE DEI SEGNALI ELETTRICI: VALVOLE E TRANSISTORI

Nelle considerazioni sul funzionamento del ricevitore di fig. 11-8 abbiamo rilevato come esso sia in grado di ricevere soltanto segnali molto forti, inquanto non dispone di circuiti amplificanti. Il suo circuito risonante può solo venir fatto risuonare sulla frequenza di un segnale radio che, se di sufficiente intensità, può venire rivelato e quindi ascoltato in cuffia. Se il circuito risonante venisse accoppiato ad un circuito di amplificazione di radiofrequenza noi potremmo ricevere anche segnali radio molto deboli e se il segnale rivelato, dopo il diodo rivelatore venisse immesso in un circuito amplificatore di bassa frequenza noi potremmo effettuare l'ascolto anche in altoparlante con un volume sonoro anche molto forte, a seconda dell'amplificazione introdotta.

Ma quali sono i componenti che consentono l'amplificazione?

Fino allo scorso decennio il "Signore incontrastato" dell'amplificazione era il tubo elettronico, più comunemente chiamato col nome di "valvola"; l'avvento dei semiconduttori ha portato alla diffusione del notissimo transistor che ormai, dopo qualche anno di convivenza con l'ormai vecchia valvola, ne ha completamente soppiantato l'impiego. Una generica distinzione fra il principio d'amplificazione dei tubi e dei transistori può essere così sintetizzata: la valvola amplifica una tensione, il transistor una corrente. Pensiamo ad una scatola dotata di un ingresso e una uscita, come quella di fig. 12-1 A, se applichiamo al suo ingresso 0,1 Volt e otteniamo all'uscita 1 Volt abbiamo un amplificatore a valvola che amplifica per 10 volte. In fig. 12-1 B abbiamo invece un amplificatore, sempre per 10 volte a transistor: applichiamo al suo ingresso una corrente di 0,1 mA e otterremo all'uscita 1 mA.

In entrambi i casi avremo comunque una amplificazione non solo di corrente o tensione, ma anche del loro prodotto, ossia di **potenza**.

È evidente, come prima considerazione, che poichè l'energia non può crearsi da sola, sia l'amplificatore a valvole che quello a transistor abbisognano di una fonte d'energia esterna che lo alimenti, consumano quindi una certa quantità d'energia misurabile in Watts.

Un'altra importante considerazione va fatta sulla linearità degli amplificatori:

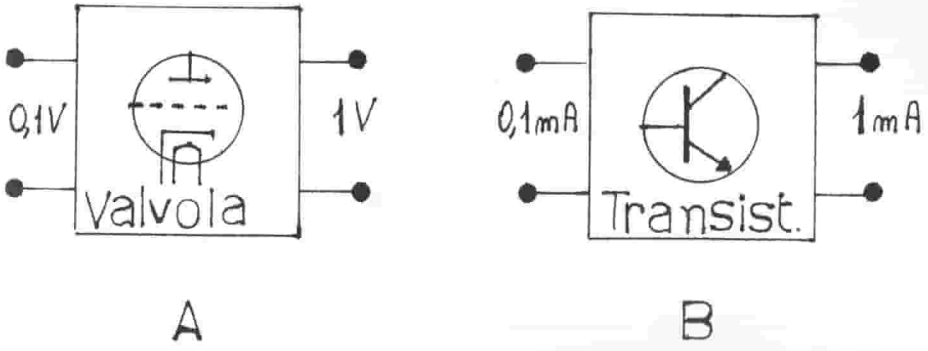


Fig. 12-1 A Amplificatore a valvola B Amplificatore a transistor

sia i tubi che i transistori non risultano lineari in amplificazione che per un piccolo campo di tensioni o di correnti applicate al loro ingresso, fuori dal quale la loro amplificazione risulta non più lineare, come vedremo a proposito delle curve caratteristiche.

LE VALVOLE (TUBI ELETTRONICI) E LE LORO CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

In fig. 12-2 troviamo un tipico esempio di tubo elettronico a tre elettrodi (TRIODO): il catodo, la griglia, l'anodo. Il filamento, identico a quello di una normale lampadina, serve unicamente a rendere incandescente il catodo,

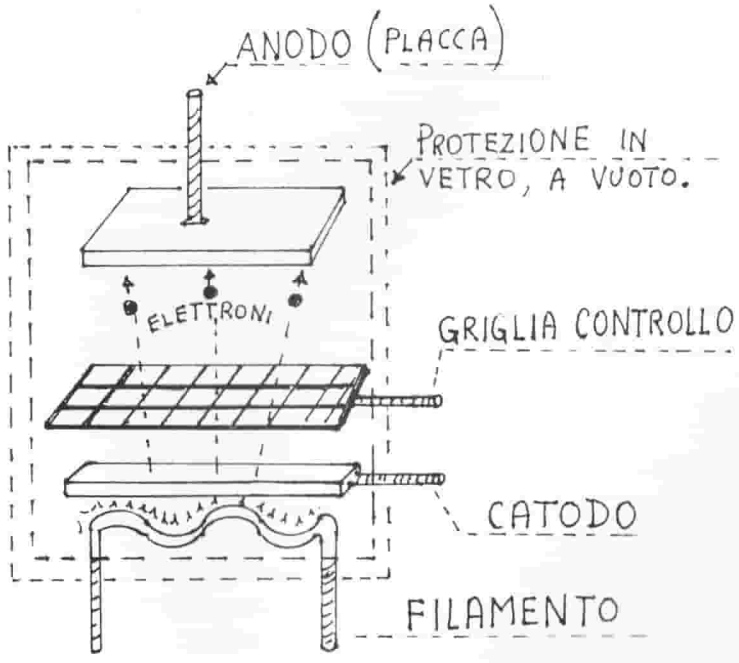


Fig. 12-2 La costruzione della valvola e i suoi elettrodi. Il flusso di elettroni emessi dal catodo incadescente è controllato dalla griglia e raggiunge l'anodo se quest'ultimo è positivo rispetto al catodo.

potrebbe essere sostituito da una candela o da qualsiasi adeguata fonte di calore.
Qualunque metallo, se reso incandescente, libera elettroni; tuttavia esistono materiali che si prestano particolarmente all'emissione elettronica, quali l'ossido di bario, lo stronzio, il tungsteno etc.
Tali materiali vengono fissati nei catodi dei tubi al fine di migliorarne l'attitudine ad emettere elettroni.
Una sottile **griglia** metallica è posta nella immediata vicinanza al catodo, gli elettroni dovranno attraversarla per poter raggiungere l'anodo, il flusso degli elettroni verso l'anodo sarà appunto regolato dalla tensione che sarà applicata alla griglia.
L'anodo è costituito da una placca, metallica piuttosto voluminosa che ha la funzione di raccogliere tutti gli elettroni transitati, e convogliarli al circuito esterno al tubo.
L'involucro metallico o vetroso consente d'ottenere il vuoto all'interno del tubo, l'aria avrebbe infatti un potere frenante nel flusso elettronico che ne verrebbe enormemente diminuito. Tutti gli elettrodi sono collegati a dei terminali, affogati nel vetro, che consentono il collegamento degli elettrodi stessi al circuito esterno.
Il principio di costruzione dei tubi elettronici è quello descritto, ma va notato come nelle varie serie di tubi costruiti, la forma degli elettrodi abbia assunto diverse configurazioni. In alcuni tubi è stato introdotto un particolare gas per aiutare il transito degli elettroni (tubi a gas), in altri il catodo era costituito dallo stesso filamento.
Curiosa risulta anche l'evoluzione del sistema di connessione delle varie serie di tubi, ossia lo zoccolo recante i terminali degli elettrodi, mediante il quale venivano inseriti nei circuiti. Zoccoli octal, loctal, rimlock, miniatura etc. Una vera torre di Babele sulla quale i costruttori non sono mai riusciti a trovare un accordo.
Il filamento dei tubi, che abbiamo visto essere molto simile a quello d'una normale lampadina, abbisogna di una tensione per accendersi, detta appunto "tensione d'accensione del tubo" e anche in questo campo troviamo tubi costruiti per tensioni d'accensione disparate:
6,3 Volt; 5 Volt; 4 Volt; 1,4 Volt; 12,6 Volt; 50 Volt, 9 Volt ecc.

LE CURVE CARATTERISTICHE DEI TUBI ELETTRONICI TRIODI - TETRODI - PENTODI

Si è già visto che il classico tubo elettronico è costituito da tre elettrodi essenziali; catodo, griglia, anodo. Il filamento serve unicamente per far emettere al catodo gli elettroni, anche se alcuni tubi sono sprovvisti di catodo e il filamento svolge anche la funzione di catodo emettendo elettroni direttamente.
Esistono anche tubi con più di una griglia, nei quali è possibile quindi regolare il flusso elettronico oltre che attraverso la prima griglia, quella più vicina al catodo, detta "griglia controllo" anche, in diversa maniera,

attraverso le altre griglie, che nell'ordine si chiameranno, griglia schermo e griglia soppressione.
La fig. 12-3 illustra i simboli di alcuni tubi elettronici.

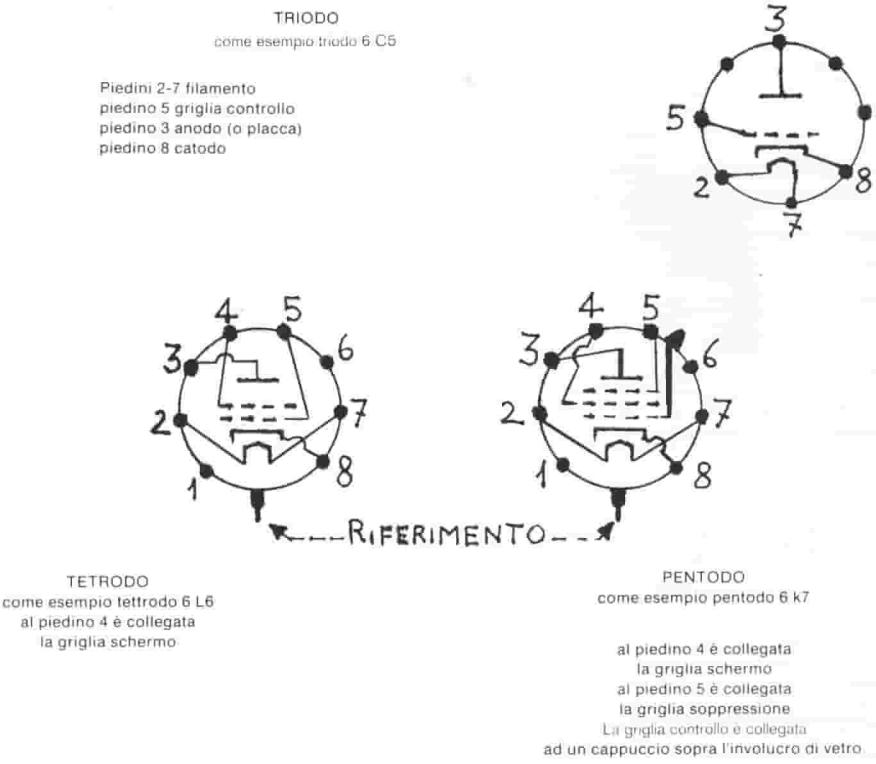


Fig. 12-3 Simboli usati negli schemi di alcuni tipi di tubi elettronici.

I simboli cui si riferiscono le tre valvole di fig. 12-3 si riferiscono a valvole tipo "Octal", con zoccolo a otto piedini, dotato di un riferimento dal quale parte la numerazione dei piedini, seguendo il senso orario.
Se realizziamo il circuito di fig. 12-4, potremmo rilevare le curve caratteristiche di un Triodo. Nell'esempio abbiamo posto in prova il triodo 6C5 alimentandolo al filamento con una batteria dimensionata per la tensione da lui richiesta di 6,3 Volt.
Le sei batterie per l'alimentazione anodica, commutabili mediante il commutatore ci consentiranno di rilevare le curve per sei diverse tensioni anodiche, mentre potremo far variare la tensione di griglia Vg mediante il cursore che faremo scorrere su Rv1 ed Rv2, da + 30 Volt a - 30 Volt, sempre rispetto al catodo.
Otterremo un grafico per l'intera famiglia di curve, corrispondenti alle sei diverse tensioni anodiche, come quello di fig. 12-5: supponiamo d'aver infatti impostato il commutatore anodico sulla batteria da 100 Volt e di aver posto il cursore sull'estremità sinistra di Rv1, ottenendo - 30 Volt di Vg, in questa

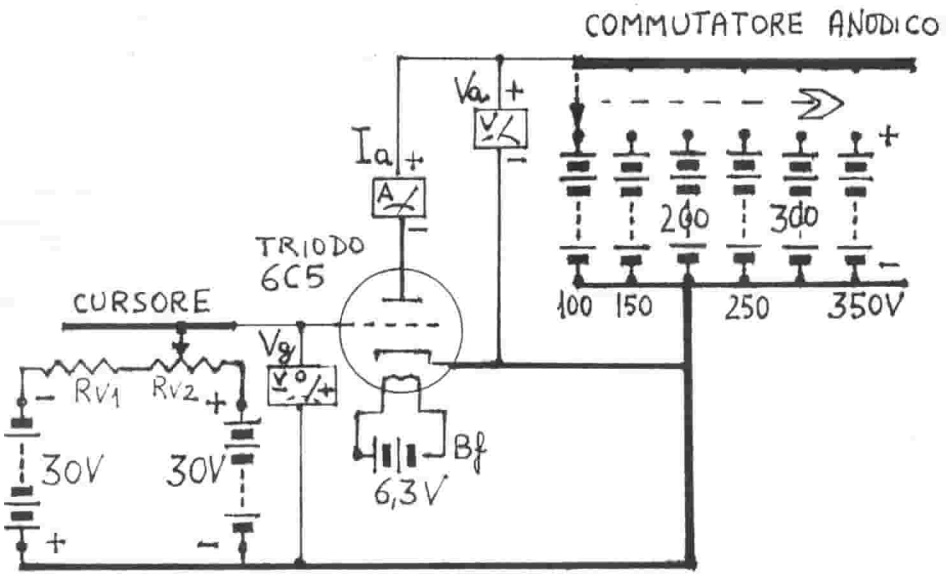


Fig. 12-4 Circuito per il rilievo di curve caratteristiche.

condizione la corrente anodica, misurata da Ia è nulla, il tubo è interdetto. Cominciamo ora a spostare verso destra il cursore, fino alla tensione Vg di -7,5 Volt il tubo rimarrà interdetto, ma riducendo ancora la tensione negativa Vg il tubo inizierà a condurre e in corrispondenza di Vg: - 5 Volt potremo già leggere una Ia di 1 mA, mentre per una Vg: - 2,5 Volt leggeremo una Ia: 5 mA, e ponendo il cursore in posizione centrale fra Rv1 e Rv2 otterremo Vg: 0 con una Ia: 9 mA. Avanzando ancora il cursore verso destra la Vg diverrà positiva e la Ia continuerà ad aumentare ma, raggiunto la Vg: + 10 Volt, abbiamo ottenuto la cosidetta saturazione del tubo; aumentando ancora positivamente la Vg, la Ia salirà di pochissimo inquanto l'anodo, alla tensione di 100 Volt, non riuscirà ad attrarre un numero maggiore di elettroni.

Spostando il commutatore anodico sulla batteria da + 150 Volt l'interdizione del tubo si porterà a - 12,5 Volt di Vg e la saturazione inizierà già a + 2,5 di Vg, con 17 mA di Ia.

Si può osservare subito come ogni curva presenti un ginocchio in prossimità della Vg d'interdizione e un ginocchio opposto in prossimità della zona Vg relativa alla saturazione, mentre fra questi due ginocchi l'andamento è rettilineo e la corrente Ia varia quasi proporzionalmente alla Vg. Se osserviamo ad esempio la curva Va: 100 Volt, il ginocchio di interdizione inizia da Vg: - 7,5 fino a Vg: - 5, mentre quello di saturazione inizia da Vg: + 2,5 fino a Vg: + 10. Se prendiamo un punto intermedio del tratto rettilineo, come ad esempio quello corrispondente a Vg: - 2,5 Volt, dove otteniamo una Ia: 5 mA possiamo notare che avremo una euguale variazione di Ia per una variazione di Vg sia negativa che positiva, infatti, portando Vg a - 5 Volt avremo Ia: 1 mA e portando Vg: 0 avremo Ia: 9 mA, ossia un incremento o una diminuzione di 4 mA anodici per una variazione di Vg di 2,5 Volt. Se vogliamo

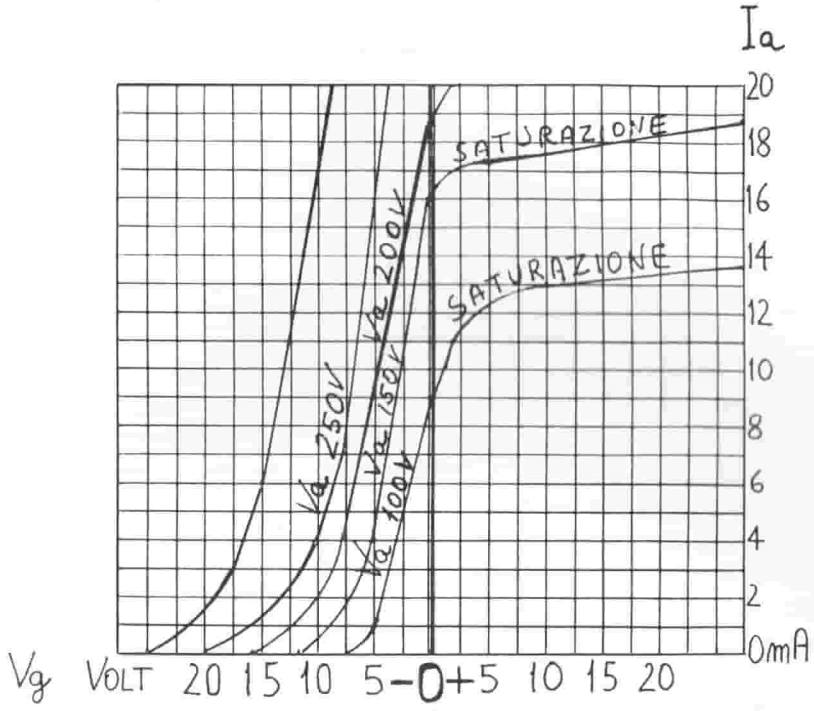


Fig. 12-5 Famiglia di cure caratteristiche rilevate con l'impiego del circuito di fig. 12-4.

è possibile considerare la valvola anche come una resistenza i cui estremi corrispondono al catodo e all'anodo e il cui valore varia a secondo della tensione Vg applicata in griglia controllo: in questo caso diremo che tale resistenza sarà per la I a = 5 mA

$$\frac{100}{5.10^3} = 20.000\ \Omega$$

per la Ia: 1 mA

$$\frac{100}{1.10^3} = 100.000\ \Omega$$

per la Ia: 9 mA

$$\frac{100}{9.10^3} = 11.111\ \Omega$$

In pratica potremmo dunque considerare il tubo, fra catodo e anodo, come una resistenza variabile, da 11.111 Ω a 100.000 Ω a seconda della tensione di griglia Vg applicata per una escursione di ± 2,5 Volt.
Sulla base di questa considerazione, possiamo rilevare dalla famiglia di curve di fig. 12-5 il primo parametro del nostro tubo: la sua **resistenza**

interna; prendiamo come riferimento la tensione Vg di - 5 Volt e consideriamo le curve di Va = 150 e Va=200 V. Per Va: 200 V vediamo ottenersi una corrente di 9 mA, per Va: 150 V una corrente di 5 mA, quindi una differenza di corrente di 9-5=4 mA corrispondenti a una differenza di tensione di 200-150=50 Volt. Per la legge di ohm possiamo dire che la resistenza interna dinamica del tubo (Ra), vista in funzione delle variazioni di corrente e tensione anodica, con Vg costante sarà.

$$Ra = \frac{\Delta\ Va}{\Delta\ Ia} = \frac{50\ V}{4\ mA} = \frac{50}{4.10^{-3}} = 12.500\ \Omega$$

Sempre servendoci della famiglia di curve rilevate in fig. 12-5 possiamo calcolare un altro importante parametro del nostro tubo: IL SUO COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE, ossia il rapporto fra la variazione della tensione anodica e la variazione della tensione di griglia, tenendo la corrente la costante.
Prendiamo infatti come riferimento la corrente di 10 mA e consideriamo ancora le curve Va: 200 V e Va: 150 V. Per Va: 200 V abbiamo i 10 mA con Vg= -4,5 Volt, mentre per Va= 150 abbimo i 10 mA con Vg: - 2,5 Volt; dunque una differenza Va di 200-150= 50 V corrisponde ad una differenza Vg di (-4,5)-(-2,5)= -2 Volt, sicchè il coefficiente d'amplificazione sarà:
coefficiente d'amplicazione

$$(\mu) = \frac{\Delta\ Va}{\Delta\ Vg} = \frac{50}{2\ V} = 25$$

Ciò significa che potremmo ottenere variazioni anodiche di circa 25 volte maggiori delle variazioni di tensione applicate alla griglia.
Ponendo una adeguata resistenza in serie all'anodo, come vedremo, otterremo così un'amplificazione della tensione applicata in griglia.
Il terzo parametro che possiamo rilevare dalla Fig. 12-5 è il rapporto fra la variazione di corrente anodica Ia e la variazione di tensione di griglia Vg, per una tensione anodica Va costante. Questo parametro viene chiamato pendenza del tubo (gm). Prendiamo a riferimento la curva Va= 200 Volt e notiamo che per Vg= -5 Volt abbiamo Ia= 9 mA, mentre per Vg = -2,5 Volt abbiamo Ia= 14 mA; una variazione quindi di 14-9= 5 mA anodici per una variazione Vg di (-5)-(-2,5)= -2,5 Volt; la pendenza sarà:

$$gm = \frac{\Delta\ Ia}{\Delta\ Vg} = \frac{5\ mA}{2{,}5} = \frac{5.10^{3}}{2{,}5} = 2.10^{-3}$$

La pendenza dei tubi, essendo una misura inversa della resistenza si misura in MHO. Possiamo pertanto dire che il nostro tubo presenta una pendenza di 0,002 MHO, o anche di 2m MHO, ovvero di 2000 μMHO.
Abbiamo così rilevato dalle curve caratteristiche del nostro tubo 6 C5, i tre

principali paramenti, rilevabili con lo stesso procedimento per ogni altro triodo.

Le case costruttrici di tubi elettronici, provvedono a divulgare le curve caratteristiche rilevate per ogni tipo di tubo, oltre alle caratteristiche essenziali, quali zoccolatura, massime tensioni applicabili, limiti di frequenza operativa etc.; in fase di progetto di qualsiasi apparecchio elettronico tali dati si rendono indispensabili.

IMPIEGO DELLE VALVOLE IN CIRCUITI DI AMPLIFICAZIONE GUADAGNI DI TENSIONE E DI CORRENTE

Nella sua funzione amplificatrice, la valvola, come pure il transistor, assolve lo scopo di rendere più elevato in tensione, oppure in corrente, il segnale che le viene fornito: agisce in un certo senso come un ingranditore fotografico nel quale, immettendo una foto di piccole dimensioni, si può ottenere una gigantografia, esattamente identica alla foto ma di maggiori dimensioni. Anche un trasformatore consente di elevare una tensione o una corrente, ma MAI DI INCREMENTARE UNA POTENZA! Se disponiamo di un generatore in grado di fornire 1 Watt, con una tensione di 10 Volt, collegandolo al primario di un trasformatore, potremmo avere sul secondario una tensione anche di 1000 Volt, ma la corrente in questo caso disponibile sarà al massimo di 1 mA e potremmo così utilizzare ancora la massima potenza di 1 Watt; potremmo anche trasformare la tensione di 10 Volt in modo d'avere sul secondario 2 Volt con una corrente che al massimo potrebbe essere di 0,5 A e ancora non riusciremmo ad ottenere oltre il 1 Watt di potenza fornito dal generatore.

Con l'impiego delle valvole e dei transistor un segnale di potenza pari a frazioni di milliWatt o microWatt può venire riprodotto a livelli di Watt o di centinaia di Watt.

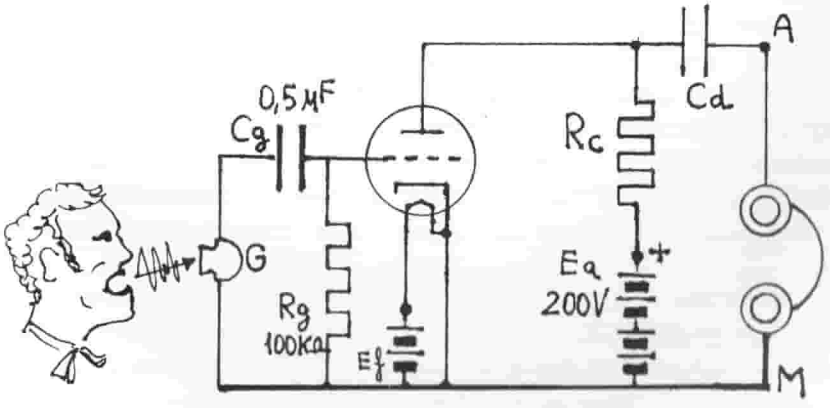


Fig. 12-6 A Circuito amplificatore

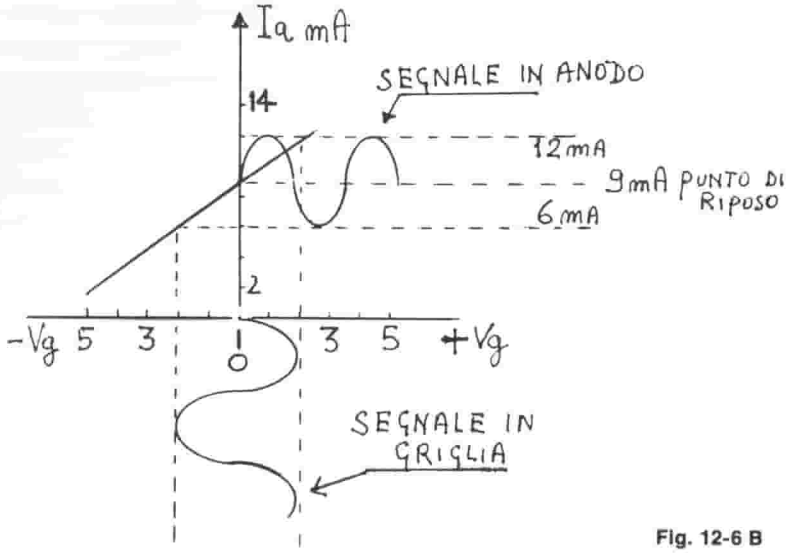


Fig. 12-6 B

Per giungere subito ad un esempio pratico, supponiamo di voler amplificare la nostra voce, utilizzando ancora il nostro triodo 6 C5 montato come nello schema di fig. 12-6 A

Supponiamo che il microfono da noi impiegato, che abbiamo chiamato G per considerarlo come generatore, sia in grado di tradurre un nostro fischio in un segnale elettrico con picchi di 2 Volt. A tale generatore viene richiesta una corrente pressochè trascurabile, inquanto la griglia è praticamente isolata e la Rg è di 100 KΩ, quindi elevatissima rispetto all'impedenza del microfono.

Il triodo 6 C5 è acceso dalla batteria Ef che ne alimenta il filamento, il Katodo è a massa e anche il potenziale di griglia è a zero Volt; attraverso la Rg infatti la griglia è collegata a massa e, non assorbendo la griglia alcuna corrente è chiaro che avremo ai capi di Rg il medesimo potenziale.

L'anodo del triodo è collegato ad una batteria da 200 Volt attraverso una resistenza di carico Rc; se questa non vi fosse, osservando la famiglia di curve di fig. 12-5, possiamo notare che avremmo una corrente Ia= 19 mA. Noi vogliamo però che la tensione anodica sia di 100 Volt, sempre con potenziale di griglia a zero Volt, e guardando le curve di fig. 12-5 notiamo che con 100 Volt all'anodo il triodo assorbirà 9 mA. Applicando la legge di Ohm possiamo calcolare il valore da dare a Rc per ridurre la tensione anodica a 100 Volt.

Va= Ea - Vrc= 200 - 100= 100 Volt; la caduta di tensione ai capi di Rc sarà pertanto Ea-Va= 200-100= 100 Volt, e poichè scorreranno in Rc, come pure nel triodo, i 9 mA rilevati dalla fig. 12-5, il valore di Rc sarà:

$$Rc = \frac{Vrc}{9 \cdot 10^{-3}} = \frac{100}{9 \cdot 10^{-3}} = 11.111\ \Omega$$

Calcolato così semplicemente, grazie alle nostre curve, il valore di Rc possiamo esaminare cosa succede allorquanto, fischiando nel microfono esso produce un segnale ad esempio di 800 Hz, con 2 Volt di tensione di picco. picco.

I 2 Volt erogati dal microfono vengono applicati alla griglia controllo del triodo attraverso il condensatore Cg; lo scopo di questo condensatore è quello di isolare la griglia dal microfono in condizioni di riposo, ossia di far in modo che nessuna corrente continua colleghi la griglia con la massa. La griglia risulta praticamente isolata da massa per la corrente continua, mentre invece, alle frequenze di 800 Hz del nostro fischio nel microfono il condensatore Cg presenterà una bassissima reattanza:

$$Xc = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 800 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{6}} = 398\ \Omega\ .$$

In condizione di riposo la corrente anodica è di 9 mA, ma quando il picco positivo + 2 Volt viene applicato in griglia ecco che la corrente anodica passerà dai 9 mA di riposo ai 12 mA, come messo in evidenza dalle fig. 12-6 B. Mentre quando la griglia avrà il potenziale di -2 Volt la corrente anodica diverrà di 6 mA. In definitiva l'escursione di Vg da + 2 a - 2 Volt, ossia di 4 Volt comporta una corrispondente escursione della corrente anodica di 12-6=6 mA e questi 6 mA, attraversando la Rc, significano una caduta di tensione ai suoi capi di $6.10^{3}.11.111 = 66$ Volt!

L'escursione di 4 Volt di Vg comporta quindi un'escursione di ben 66 Volt in Rc, e fra l'anodo del triodo e la massa avremo pertanto:

100+33=133 Volt in corrispondenza a - 2 V di Vg

100-33= 67 Volt in corrispondenza a + 2V di Vg

Possiamo subito notare come la tensione anodica risulti in opposizione di fase a quella di griglia, infatti alla tensione massima +2V in griglia corrisponde la tensione anodica minima di 67 Volt, data la massima caduta di tensione ai capi di Rc, mentre alla tensione in Vg minima di -2V, corrisponde la massima tensione anodica di 133 Volt, poichè risulta minima la caduta ai capi di Rc.

A questo punto possiamo considerare la valvola come un vero generatore erogante 33 Volt di picco, con una resistenza interna data dal rapporto fra le tensione e la corrispondente escursione di corrente, di 3 mA ossia:

$$\frac{33}{3 \cdot 10^{-3}} = 11.000\ \Omega$$

e quindi in grado di fornire una potenza di $33 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0{,}099$ W. Dalla potenza irrilevante ottenibile dal microfono abbiamo così ottenuta una potenza di circa 10 mW, sufficiente a pilotare una cuffia o un piccolo altoparlante che potrebbero venire applicati ai punti A-M dello schema di fig. 12-6 A.

Nel caso esaminato abbiamo una amplificazione di tensione data da

$$\frac{\Delta Va}{\Delta Vg} = \frac{33}{2} = 16{,}5$$

e risulta chiaro che se noi aggiungessimo un secondo stadio amplificatore, identico a quello esaminato, l'amplificazione diverrebbe il risultato del prodotto fra quella del primo stadio e quella del secondo stadio, ossia **16,5X16,5= 272,25, in tal caso, con la Vg di 2 Volt otterremo un** corrispondente segnale di 2X272,25= 544,5 Volt, il che sarebbe impossibile dato che la massima tensione disponibile dalla batteria Ea è di soli 200 Volt. Possiamo però considerare che se il segnale applicato a Vg fosse di soli 0,2 volt di picco, otterremmo sull'anodo del secondo triodo un segnale corrispondente di ben 0,2X272,25= 54,45 Volt.

Nell'esempio che abbiamo fin qui trattato e che si riferiva allo schema di fig. 12-6 A/B, il triodo risulta polarizzato con tensione pari a zero Volt (in condizione di riposo) e abbiamo sfruttato il tratto di curva lineare intermedio fra i punti di interdizione e di saturazione: un tale amplificatore si dice operante in CLASSE A. Se avessimo stabilito una tensione di polarizzazione di griglia vicina al punto di interdizione del tubo (circa - 5 Volt) l'amplificatore avrebbe lavorato in CLASSE B, mentre se la tensione di polarizzazione fosse stata portata oltre il punto d'interdizione (oltre i - 7,5 Volt) l'amplificatore si sarebbe detto operare in CLASSE C. (vedi fig. 12-11).

Quest'ultima particolarmente impiegata in circuiti a radiofrequenza, nei quali la parte di segnale non amplificata nel periodo di interdizione del tubo, viene reintegrata dall'energia immagazzinata dalle induttanze e capacità del circuito.

La polarizzazione di griglia negli amplificatori operanti in classe A o B può ottenersi con un sistema molto più semplice di quello impiegante una apposita batteria di polarizzazione.

La fig. 12-7 illustra un amplificatore molto simile a quello di fig. 12-6 A, nel quale però si è voluta ottenere una polarizzazione indiretta della tensione di griglia, elevando in positivo la tensione del Katodo rispetto a massa, con l'impiego della resistenza Rk.

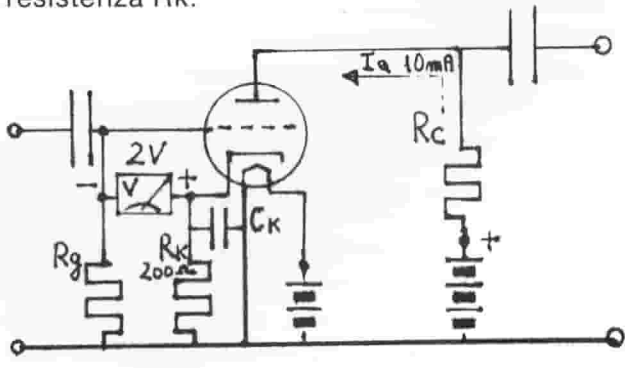


Fig. 12-7 Polarizzazione negativa di griglia.

Supponiamo infatti che nel triodo così collegato scorra una corrente anodica di 10 mA; essa provocherà ai capi di Rk una tensione di:
$10.10^3.200 = 2$ Volt, ossia il Katodo presenterà rispetto a massa una tensione di +2 Volt, poichè la griglia e anch'essa collegata a massa attraverso Rg, di altissimo valore, possiamo constatare, anche con l'impiego di un Voltmetro, che la griglia presenta -2 Volt rispetto al Katodo.
Il condensatore Ck, di adeguata capacità provvederà a mantenere costante questa tensione anche durante i vari momenti del segnale applicato in griglia, quando la corrente anodica subirà delle variazioni.

GENERAZIONE DI SEGNALI CON L'IMPIEGO DI VALVOLE (OSCILLATORI)

Il sistema di amplificazione ordinaria comporta generalmente l'introduzione di un segnale prodotto da un qualunque generatore e applicato quindi all'ingresso dell'amplificatore. Tuttavia, in determinate condizioni, l'amplificatore può generare autonomamente un segnale, la cui frequenza dipenderà dai valori dei componenti impiegati nel circuito. L'amplificatore può dunque divenire un generatore, ma perchè tale condizione si verifichi è necessario un apporto di energia dall'uscita all'ingresso dell'amplificatore stesso: tale apporto viene chiamato col nome di "REAZIONE".

Se esaminiamo lo schema di fig. 12-8, vi troviamo un amplificatore a due stadi, ciascuno dei quali è identico all'amplificatore di fig. 12-6 A, ma il

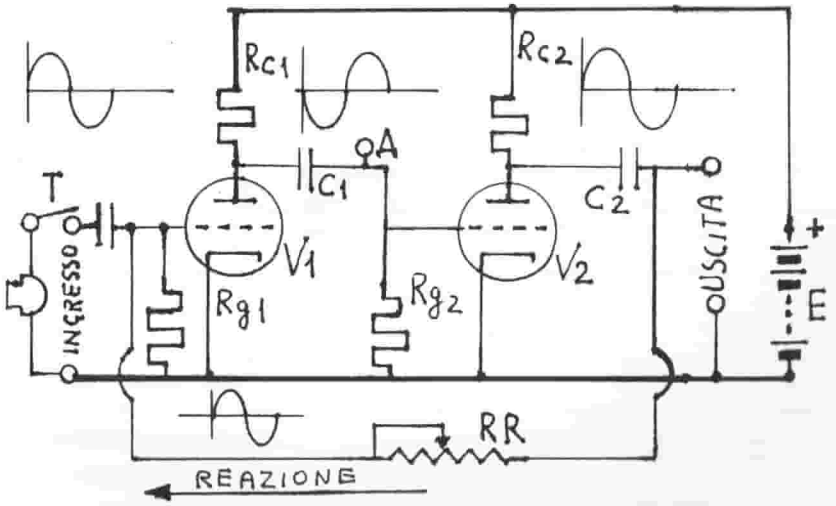


Fig. 12-8 Amplificatore reazionato.

segnale presente alla sua uscita viene riportato all'ingresso mediante la resistenza RR che, essendo variabile, consente di dosarne l'ampiezza per un livello voluto.
Ponendo la resistenza al suo massimo valore la reazione è praticamente nulla e l'amplificatore opera normalmente, mentre diminuendo progressi-

vamente il valore di RR, e fischiando nel microfono, si noterebbe che, ad un certo valore RR, il fischio innescherebbe e rimarrebbe persistente, anche staccando il microfono mediante l'interruttore T; il segnale d'uscita presenta infatti la stessa fase di quello all'ingresso dell'amplificatore e, quando il suo livello, ossia la reazione, raggiunge un sufficiente valore, l'amplificatore rimane "innescato" e diviene un generatore.

Se la fase del segnale di reazione fosse invece opposta a quella del segnale d'ingresso avremmo avuto un effetto contrario: diminuzione di amplificazione, cosa che avremmo potuto ottenere collegando l'estremità destra di RR al punto A, in tal caso diremmo di usare una reazione negativa.

L'innesco di un amplificatore, che lo rende generatore, si verifica solo quando la reazione è positiva, ossia della medesima fase del segnale d'ingresso e quando il coefficiente di reazione, denominato con la lettera H, raggiunge un determinato valore. Supponiamo infatti che l'amplificatore a due triodi di fig. 12-8 offra una amplificazione (A) complessiva di 50, ossia che amplifichi normalmente per 50 volte il segnale del microfono. L'innesco avverrà quando la reazione, ossia la percentuale di segnale riportato raggiungerà un valore tale che moltiplicato per l'amplificazione raggiunga o superi il valore di 1; per l'innesco $A \times H \geqq 1$.

Per la formula così espressa possiamo dire anche che la reazione H, per l'innesco, dovrà essere almeno:

$$H \geqq \frac{1}{A}$$

ossia nel nostro esempio si verificherà l'innesco quando

$$H = \frac{1}{50} = 0{,}02,$$

in altre parole, avendo all'uscita del nostro amplificatore un segnale di 3 Volt, dovremmo riportarne all'ingresso una parte pari a 3 . 0,02= 0,06 Volt per ottenere l'innesco.

Per riassumere quanto esaminato sarà bene osservare la fig. 12-9 e le relative formule.

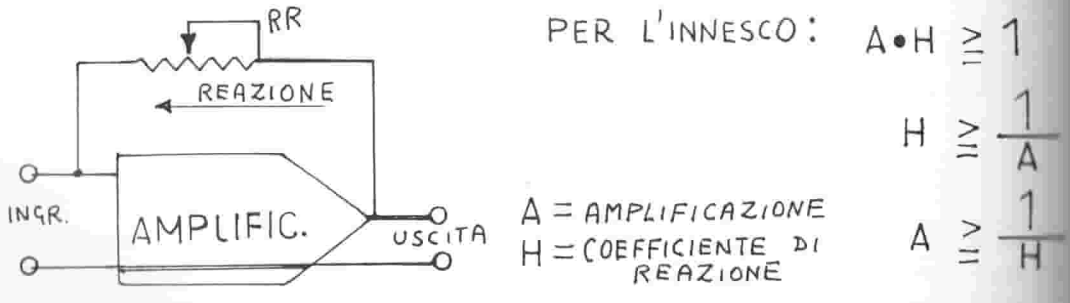


Fig. 12-9 Principio dell'amplificatore reazionato (oscillatore) e relative condizioni d'innesco.

Non sempre il coefficiente di reazione viene usato per innescare un amplificatore e generare quindi un segnale; talvolta il coefficiente H di reazione si mantiene volutamente a livelli bassi per incrementare l'amplificazione ; in altre applicazioni si può usare la reazione negativa (fase opposta) per eliminare fenomeni di inneschi non voluti e ridurre amplificazioni onde prevenire la saturazione di stadi amplificatori.
Abbiamo esaminato fin qui la generazione di segnali di bassa frequenza, quali provenienti da un microfono, ma i generatori di segnali trovano una vastissima applicazione particolarmente nei segnali ad alta frequenza (oscillatori R.F.) che costituiscono il cuore di ogni trasmittente.
Cercheremo di analizzare appunto il funzionamento di un classico circuito oscillatore a radiofrequenza, nel quale la reazione si ottiene per induzione fra due bobine: questo circuito costituiva un tempo il passaggio obbligato di tutti i radioamatori, allorquando, con scarsissimi mezzi a disposizione, si costruivano in proprio il primo trasmettitore telegrafico!

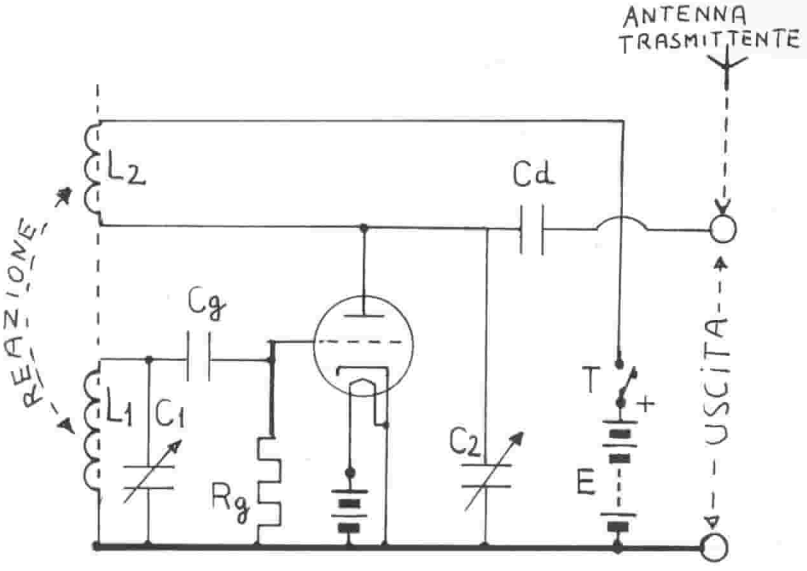


Fig. 12-10 Oscillatore per radiofrequenza. La reazione avviene per accopiamento induttivo fra L2 ed L1.

Nell'istante in cui viene chiuso l'interrutore, "T" in fig. 12-10, nel tubo scorre una certa corrente , ma un campo magnetico viene a formarsi attorno ad L2 che investe per induzione anche L1 provocando in essa una tensione di fase opposta a quella presente in L2; questa tensione in L1, avente forma sinusoidale, costituisce un vero segnale che verrà a trovarsi in griglia, attraversando la capacità Cg. La frequenza di questo segnale sarà determinata dal valore di L1 e di C1 secondo le regole già studiate relative ai circuiti LC. Se l'ampiezza del segnale indotto da L2 in L1 è tale da produrre la condizione d'innesco $A.H \geqq 1$, cosa che può essere ottenuta sia con il migliore accordo di C2 sia con l'avvicinamento di L2 ad L1, potremmo

ottenere un generatore di segnali che già di per sè è un vero trasmettitore telegrafico; se collegato ad una antenna e manipolato mediante l'interruttore T (Tasto Telegrafico).
Va notato come negli amplificatori ordinari, dove il carico anodico è una semplice resistenza, la fase del segnale sull'anodo è opposta a quella del segnale in griglia, mentre in questo circuito, l'inversione di fase causata dall'induzione fra le bobine, riporta la fase nello stesso segno, provocando reazione positiva.

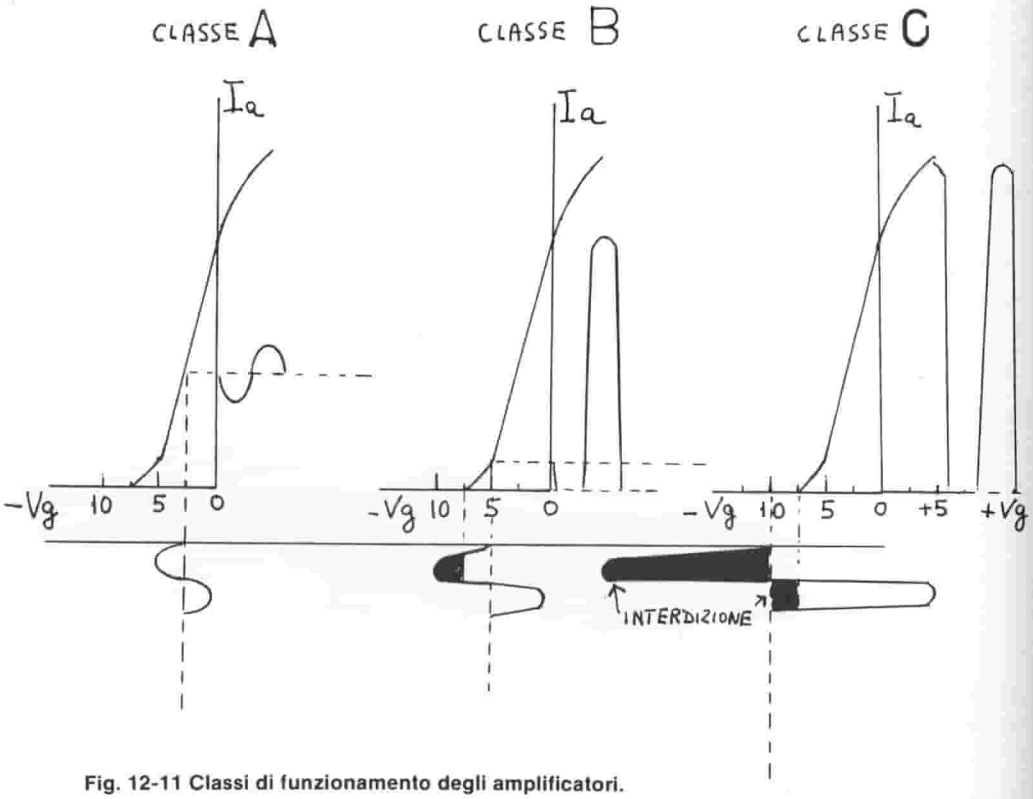


Fig. 12-11 Classi di funzionamento degli amplificatori.

Normalmente gli amplificatori, quando devono amplificare segnali di piccole ampiezze, vengono fatti lavorare sul tratto rettilineo della curva e la polarizzazione della griglia controllo è tale da non valicare i punti di saturazione o di interdizione del tubo, come in fig. 12-11-A (classe A). Per segnali molto forti è invece necessario portare la polarizzazione del tubo a valori negativi più alti (classe B): in questo caso un certo tratto del periodo del segnale da amplificare rimane nella zona di interdizione del tubo, ma durante tale periodo di non amplificazione, se all'anodo del tubo è collegato un carico induttivo, ad esempio la bobina primaria di un trasformatore, questo provvederà con la sua tensione indotta a riprodurre la parte mancante del ciclo.

Negli amplificatori reazionati infine, quando la reazione è tale da provocare l'innesco, il segnale applicato in griglia è di ampiezza tale che una gran parte del periodo da amplificare rimane oltre la zona di interdizione (Classe C). L'oscillatore pertanto opera automaticamente una polarizzazione di griglia di valore negativo molto maggiore a quello in cui si verifica l'interdizione del tubo, e più la reazione aumenta più elevato diverrà automaticamente il valore - Vg di polarizzazione.
In tale condizione inoltre la parte positiva del segnale in griglia raggiunge un valore tale da provocare l'avvicinamento alla zona di saturazione della curva, ed inoltre la griglia stessa, divenendo per un breve periodo positiva rispetto al Katodo, si comporta come un minuscolo anodo e fra essa e il catodo scorrerà una certa corrente, inesistente nel caso di amplificazione in classe A. Anche in questo caso, il carico anodico provvederà, con la tensione indotta, a ripristinare la parte di periodo relativa alla zona di interdizione del tubo; per tal motivo il circuito anodico degli oscillatori (la bobina L2 e il condensatore C_2 di fig. 12-10) viene chiamato "circuito volano", in quanto come avviene nei motori per il fenomeno di inerzia meccanica, questo circuito supplisce con la energia immagazzinata durante l'amplificazione a riprodurre per induzione la parte di periodo che rimane fuori dalla zona di amplificazione.
In riassunto possiamo dire che un oscillatore è caratterizzato da queste condizioni:
1) La reazione deve essere tale da causare l'innesco delle oscillazioni:

$$H \geqq \frac{1}{A} \quad ;$$

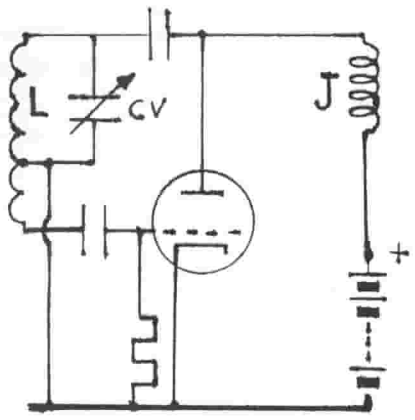
la reazione deve essere positiva.

2) La polarizzazione di griglia deve automaticamente far lavorare il tubo in classe C.

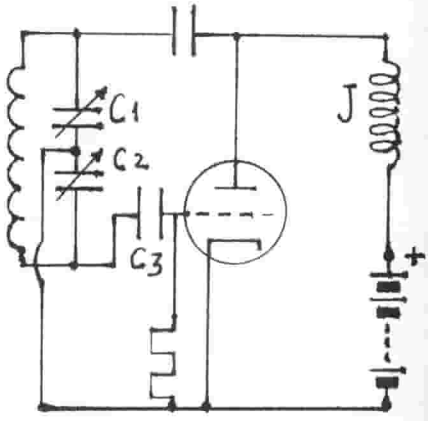
3) Il circuito volano del tubo deve poter immagazzinare sufficente energia per riprodurre il ciclo durante l'interdizione del tubo, anche se una parte d'energia venga assorbita da qualche altro stadio (per esempio da una antenna).

L'oscillatore di fig. 12-10, che abbiamo preso ad esempio per trattare il fenomeno dell'oscillazione, non costituisce certamente l'unico circuito atto a generare oscillazioni persistenti. La reazione infatti può avvenire, oltre che per induzione fra le due bobine relative all'anodo e alla griglia, anche con altri sistemi di accoppiamento, non ultimo quello che sfrutta la cosidetta "capacità interelettrodica" delle valvole, ossia la capacità esistente ad esempio fra anodo e griglia oppure griglia e Katodo di qualsiasi tubo, capacità che se anche ridottissima, costituisce ugualmente per frequenze particolarmente alte, una via di accoppiamento fra i circuiti collegati ai vari elettrodi della stessa valvola.

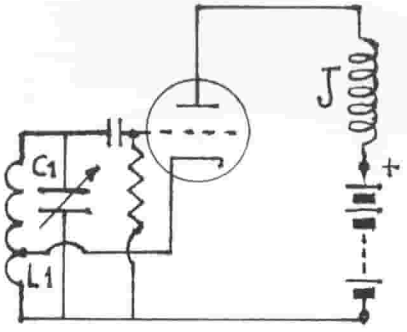
La fig. 12-12 illustra i principali tipi di oscillatori normalmente impiegati nella pratica radiotecnica.



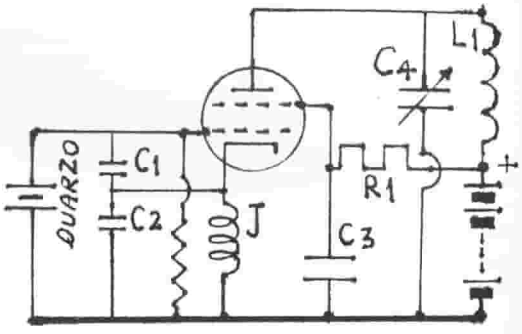
A - OSCILLATORE HARTLEY
La reazione è determinata dalla posizione della presa di massa sulla bobina L; l'impedenza J serve unicamente a bloccare la radiofrequenza verso la batteria.



B - OSCILLATORE COLPITTS
La reazione dipende dal rapporto fra le capacità di C1 e di C2; la bobina è unica, mentre l'accordo è ottenuto dai condensatori.



C - OSCILLATORE GRIGLIA/KATODO
Anzichè fra griglia e anodo la reazione avviene fra griglia e Katodo, nel quale scorre la stessa corrente anodica, ma con tensione di fase opposta.



D - OSCILLATORE A CRISTALLO
La reazione avviene fra Katodo e griglia ed è regolata dal rapporto di capacità fra C1 e C2; il quarzo sostituisce il circuito LC di griglia, mentre l'anodo può essere accordato da C4 ed L1 anche su frequenze multiple a quelle del quarzo.

Fig. 12-12 Alcuni circuiti oscillatori.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 12

12-1 Una valvola, scelta a caso, viene posta in un circuito identico a quello di fig. 12-4, per il rilievo delle curve caratteristiche; notiamo che con una Va= 250 V scorre in essa una Ia= 20 mA, mentre con una Va= 150 V scorre una Ia= 5 mA, ferma lasciando la Vg a zero Volt. Quale è la resistenza interna del tubo, ossia la resistenza dinamica?

12-2 La valvola esaminata nel circuito, come nell'esercizio 12-1 viene polarizzata con una tensione di griglia Vg=-5 Volt e una Va= 250 Volt, notiamo che in essa scorre una Ia= 2 mA. Riduciamo ora la tensione Vg= -2 Volt e notiamo che per ottenere ancora la Ia= 2 mA dobbiamo ridurre Va= 200 Volt. Quale è il coefficiente di amplificazione della valvola?

12-3 Un amplificatore, composto da più valvole, consente un'amplificazione A= 200, il che significa che applicando al suo ingresso un segnale di 1 mV, otterremo in uscita un segnale utile di 0,2 Volt. Quale sarà il coefficiente di reazione (H) minimo affinchè l'oscillatore inneschi?;

RISPOSTE

12-1 $R_a = 6666{,}66\ \Omega$
12-2 $\mu = 16{,}66$
12-3 $H = 0{,}005$;

CAPITOLO XIII

- **Impiego dei tubi elettronici nelle apparecchiature radioelettriche riceventi e trasmittenti**
- **Descrizione del funzionamento di un ricevitore super eterodina, a tubi elettronici**
- **Descrizione del funzionamento di un trasmettitore per banda amatori, a tubi elettronici.**

IMPIEGO DEI TUBI ELETTRONICI NELLE APPARECCHIATURE RADIOELETTRICHE RICEVENTI E TRASMITTENTI

La ricezione di segnali radio può avvenire anche senza l'impiego di tubi elettronici; basta infatti riesaminare il ricevitore di fig. 11-8, assolutamente passivo, privo di alimentazioni e di ogni elemento amplificante, che rende tuttavia udibile un segnale irradiato da un trasmettitore, attraverso lo spazio.

Anche i primi trasmettitori visti dalla storia, non impiegavano tubi elettronici: il loro funzionamento si basava sullo scoccare di scintille fra due elettrodi, collegati ad una antenna; d'altra parte è facile notare come in una qualsiasi

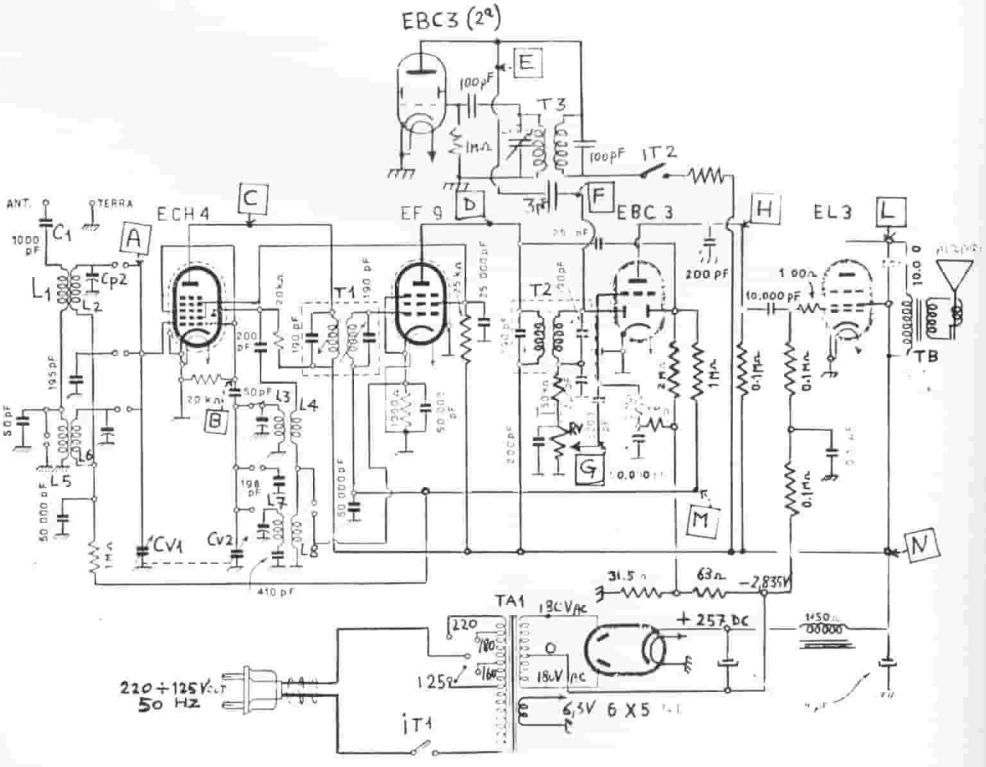


Fig. 13-1 Radioricevitore a valvole.

radio sia udibile un disturbo quando si accenda o si spenga in sua vicinanza una lampadina: nell'istante di chiusura o di apertura del circuito che alimenta la lampadina (o qualsiasi altro utilizzatore elettrico) si attua una perturbazione momentanea del campo elettromagnetico, una vera emissione di segnale radioelettrico.
Come si è però visto al capitolo precedente l'amplificazione può esser ottenuta solo con l'impiego di tubi elettronici (o di transistors) e anche la generazione di onde elettromagnetiche è ottenibile grazie agli amplificatori reazionati (oscillanti) con enormi vantaggi sui primordiali trasmettitori a scintilla, che ormai appartengono solo al passato.
Il tubo elettronico è stato per decenni impiegato nei ricevitori per amplificare in primo luogo il segnale ricevuto dall'antenna, quindi per amplificare l'informazione costituita dal segnale a frequenza acustica, contenuto in quello a radiofrequenza, e renderlo udibile, anche con potenze notevoli, in alto parlanti.
Nei trasmettitori il tubo elettronico è stato usato per la generazione del segnale alla frequenza voluta (oscillatore) e per l'eventuale sua amplificazione in potenza prima d'esser inviato all'antenna irradiante, con o senza la modulazione introdotta da un apposito amplificatore audio pilotato da un microfono.

DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DI UN RICEVITORE SUPER ETERODINA, A TUBI ELETTRONICI

In figura 13-1, possiamo vedere lo schema completo di un radioricevitore a tubi elettronici, adatto a ricevere sia segnali modulati in ampiezza (AM), che segnali non modulati telegrafici (CW). Dall'analisi che andremo a compiere sui singoli circuiti che compongono questo apparecchio, sarà possibile formare una generale idea sul principio di funzionamento dei moderni ricevitori.
Innanzitutto il ricevitore in esame abbisogna di alimentazione; notiamo infatti una spina per corrente AC da inserirsi nella presa casalinga, attraveso la quale viene alimentato il trasformatore TA1, il primario del trasformatore dispone di varie prese, per cui sarà possibile utilizzare l'apparecchio con diversi valori di tensione AC, dai 220 Volt, fino ai 125.
Il trasformatore dispone quindi di due secondari, uno dei quali serve unicamente ad alimentare i filamenti delle valvole, con i 6,3 Volt per essi necessari.
L'altro secondario del trasformatore TA1 dispone di una presa centrale e di due prese estreme ciascuna delle quali fornisce 180 Volt rispetto ad essa.
Poichè l'avvolgimento è unico, quando saranno presenti 180 Volt positivi alla presa inferiore, avremo 180 negativi alla presa superiore, o viceversa; fra le due prese è presente in definitiva uno sfasamento di 180 gradi, per cui agli anodi del tubo 6X5 saranno presenti tensioni sfassate di 180 gradi.
La conduzione di corrente all'interno del tubo 6X5 avverrà solo dell'ando che presenti tensione positiva rispetto al catodo per cui otterremo conduzione sia per il semiperiodo positivo che per quello negativo della rete d'alimentazione, in altre parole otterremo un passaggio di 100 periodi nel tubo, anzichè di 50 periodi offerti dalla rete.

Il tubo 6X5 funziona quindi da raddrizzatore a doppia semionda: 180 Volt (valore efficace) forniti dal trasformatore consentono un valore di picco pari a $\frac{180 \cdot 10}{7} = 257$ V

che vengono tenuti stabili dal condensatore ad alta capacità collegato fra la presa O e il catodo del tubo.

Poichè l'assorbimento complessivo anodico delle quattro valvole del ricevitore è di circa 30 mA, l'impedenza collegata in serie fra il catado del tubo 6X5 e il punto [N], provocherà una caduta di tensione pari a 1450X0,030= 43,5 Volt sicchè al punto [N] si avrà una tensione di 257-43,5= 213,5 Volt, rispetto la presa centrale 0 del secondario. Tale tensione di 213,5 Volt risulterà ben filtrata dalla stessa impedenza e stabilizzata dal secondo condensatore ad alta capacità (8 μF) per cui potrà alimentare ottimamente gli anodi di tutti i tubi.

Vediamo anche che la presa centrale 0 del secondario di TA1, non è collegata direttamente a massa, bensì attraverso due resistenze per complessivi 94,5 Ohm; scorrendo in esse la medesima corrente anodica totale di 30 mA, è chiaro che fra la presa 0 e massa avremo una tensione, negativa rispetto a massa, di 94,5.0,03= -2,835 Volt, che verrà utilizzata per la polarizzazione della griglia della valvola EL3 e del diodo di destra della valvola EBC3.

Attraverso il condensatore C1, posto in serie all'antenna, transitano segnali di svariate frequenze, tutti captati dall'antenna, che potrebbe essere costituita anche da un semplice pezzo di filo conduttore.

I segnali transitano per induzione dalla bobina L1 alla bobina L2 che forma assieme al condensatore variabile CV1 il primo circuito di sintonia: L2 e CV1 costituiscono un circuito risonante, grazie al quale otterremo una grande ampiezza del segnale sintonizzato al punto [A], corrispondente alla griglia controllo della valvola ECH4.

Supponiamo che alla griglia della ECH4 sia così presentato un segnale della frequenza di 1560 KHz; lo ritroveremo, amplificato in ampiezza, all'anodo della stessa ECH4, ossia al punto [C].

Notiamo ora che la ECH4 è in realtà composta da due diverse valvole: in essa è infatti contenuto, come si vede al lato destro del suo schema, un triodo. Il triodo viene impiegato come oscillatore, costituito dalle bobine L3 ed L4, la bobina L3, collegata alla griglia del triodo, forma assieme al condensatore variabile CV2, un circuito risonante che determina la frequenza dell'oscillatore.

Poichè i due condensatori variabili CVI e CV2 sono comandati dallo stesso asse, possiamo fare in modo che la frequenza dell'oscillatore segua quella del segnale ricevuto e sintonizzato da CV1, e sia maggiore o minore di questa di un valore fisso, per esempio di 465 KHz, il che significa che l'oscillatore genererà nel nostro caso una frequenza di 1560+465= 2025 KHz (punto "B"); analogamente se noi sintonizzassimo il ricevitore per una frequenza da riceversi di 1000 KHz, l'oscillatore genererà una frequenza di 1000+465= 1465 KHz; in altre parole per ogni frequenza sintonizzata da CV1, l'oscillatore genererà, grazie alla coassiale regolazione di CV2, una frequenza di 465 KHz maggiore rispetto a quella sintonizzata da CV1.

Nella valvola ECH4 il triodo oscillatore e l'eptodo amplificatore sono

talmente vicini da presentare capacità interelettrodiche fra gli stessi elettrodi, per cui senza che sia necessario un accoppiamento diretto, sul punto "C", anodo dell'eptodo amplificatore, troveremo i seguenti segnali:
1) Il segnale ricevuto e amplificato di 1560 KHz
2) Il segnale generato localmente dal triodo, di 2025 KHz
3) Un segnale composto dalla somma fra i due primi segnali, ossia il cosi detto **segnale di conversione 1560+2025= 3585 KHz.**
4) Un segnale composto dalla differenza fra i due primi segnali, ossia un segnale di conversione 2025-1560=465 KHz.
Il tubo ECH4 opera quindi da miscelatore fra due segnali e consente di ottenere una conversione di frequenza data dalla miscelazione di due segnali, quello di ricezione che troviamo al punto [A] e quello dell'oscillatore locale che troviamo al punto [B] per cui al punto [C] avremo un segnale **costante di 465** KHz, **qualunque sia la frequenza del segnale ricevuto.**
Anzichè impiegare le bobine L1-L2 ed L3-L4, potremmo impiegare, commutandole nel circuito, le bobine L5-L6 ed L7-L8, ottenendo una diversa banda di frequenza, ma sempre ricavando per miscelazione la frequenza fissa di 465 KHz al punto [C].
La frequenza di 465 KHz viene sintonizzata dagli avvolgimenti del trasformatore T1 che, oltre a costituire un circuito risonante per i 465 KHz, agisce da filtro contro tutte le altre frequenze presenti al punto [C] e viene pertanto applicato il solo segnale "convertito" a 465 Kc alla griglia della valvola EF9, che provvede ad una ulteriore amplificazione, per cui al punto [D], ossia sull'anodo della EF9, ritroveremo il segnale a 465 KHz molto amplificato. Supponiamo che la prima valvola (ECH4) abbia data un amplificazione di 100 e la seconda (EF9) una amplificazione di 150. Se il **segnale sintonizzato al punto "A" fosse stato di ampiezza 50μ Volt, otterremo** al punto [D] una amplificazione di 50X100X150= 750.000 μV, ossia di 0,75 Volt, segnale di ampiezza già sufficiente per venir utilizzato.
Comunque il segnale presente al punto [D] viene ancora filtrato da eventuali segnali di frequenza diversa dalla 465 KHz, dal trasformatore T2, il cui secondario è collegato al diodo del tubo EBC3.
Il tubo EBC3, comprende infatti ben tre diverse valvole; un triodo e due diodi, tutti contenuti nel medesimo tubo. Al diodo di sinistra viene applicato il segnale, ormai massimamente amplificato, a 465 KHz e il diodo provvede alla sua rivelazione, ossia a eliminare dal segnale la componente a radiofrequenza, isolando la componente modulante, ovvero le variazioni in ampiezza cui la radiofrequenza trasmessa era stata sottoposta; per questa funzione il diodo agisce da raddrizzatore: la radiofrequenza, come tutte le tensioni alternate è composta da semionde negative e positive, entrambi influenzate in ampiezza dalla componente di modulazione.
Quando al diodo giunge la semionda positiva, esso conduce per cui tale semionda raggiunge il catodo e viene praticamente cortocircuitata a massa; sul diodo rimane invece la sola semionda negativa che, attraverso lo stesso secondario di T2 e la resistenza da 50 kΩ, viene applicata ad un estremo della resistenza variabile Rv.
Spostando il cursore di Rv potremo prelevare una parte del segnale, ormai filtrato dalla componente a radiofrequenza, grazie al condensatore da 200 pF, che presenta una bassa reattanza per le alte frequenze, scaricandole a massa, mentre presenta reattanza elevata per la bassa frequenza.

Il cursore di Rv è collegato alla griglia controllo del triodo contenuto nella EBC3 che provvede alla prima amplificazione di bassa frequenza; Rv ci consente così di regolare il volume del suono che udiremo alla fine del processo di amplificazione.
Sull'anodo del triodo, punto [H], otteniamo così un segnale di bassa frequenza, già preamplificato che viene ancora filtrato da eventuali residui di radiofrequenza dal condensatore da 200 pF. Infatti se vi fosse ancora qualche residuo di 465 KHz al punto [H] il condensatore per tale frequenza presenterebbe una reattanza di

$$Xc = \frac{1}{2.\pi.f.C} = \frac{1}{2.3{,}14.465.10^{3}.200.10^{-12}} = 1711{,}3\ \Omega$$

e costituirebbe quasi un cortocincuito verso massa, mentre per una bassa frequenza di modulazione, quale ad esempio 6000 Hz la reattanza sarebbe

$$Xc = \frac{1}{2.3{,}14.6000.200.10^{-12}} = 132{,}63\ K\Omega$$

e quindi tale frequenza non verrebbe minimamente influenzata dalla capacità di 200 pF.
Il segnale a bassa frequenza viene fatto transitare attraverso il condensatore da 10.000 pF e la resistenza da 1000 Ω e viene applicato alla griglia controllo del tubo EL3, per la sua amplificazione finale; la EL3 è infatti un pentodo di potenza per cui al punto [L], ritroveremo il segnale presente in [H] ma amplificato in potenza, in modo da non risentire dell'attenuazione provocata dal "carico" costituito dall'altoparlante, al quale il segnale giunge attraverso il trasformatore TB, che serve ad adattare l'impedenza relativamente elevata del tubo EL3 a quella bassa dell'altoparlante.
Il ciclo di amplificazione è cosi concluso: abbiamo visto come il segnale proveniente dall'antenna, venga sintonizzato, amplificato e miscelato, quindi convertito in un segnale di media frequenza per essere poi rivelato in bassa frequenza e amplificato per il suo ascolto in altoparlante.
Il nostro ricevitore merita ancora qualche considerazione. La rivelazione per i segnali assolutamente privi di modulazione, come quelli telegrafici, per i quali viene trasmessa la pura portante a radiofrequenza. In tal caso la modulazione dobbiamo crearla noi, all'interno del nostro ricevitore, per renderla udibile, e a tale funzione provvede la valvola EBC3 (2), che viene resa attiva solo quando si chiude l'interruttore IT2.
Essa è impiegata come oscillatore, ottenendosi la reazione per l'innesco delle oscillazioni attraverso il trasformatore T3, di caratteristiche pressochè analoghe a quelle di T2. Otteniamo così, al punto [E] una oscillazione di frequenza circa 465 KHz, che potremo regolare entro un campo di +/-5 KHz, grazie al condensatore variabile CV3.
Questo segnale verrà immesso, attraverso il condensatore da 3 pF sul diodo rivelatore, dove giunge anche il segnale di media frequenza da rivelarsi. In tal caso il diodo si comporterà, oltre che da rivelatore, anche da miscelatore per cui se noi regoleremo CV3 per avere una oscillazione di 466 KHz, questo segnale miscelandosi con quello della media frequenza di 465 KHz, ci darà una terza frequenza, presente al punto [F] di 466-465= 1 KHz, frequenza

udibile che verrà normalmente amplificata dalla EBC3.
Un altro interessante circuito è il controllo automatico del volume (C.A.V.) che si ottiene sfruttando il diodo di destra del tubo EBC3.
Vediamo infatti che, dal primario di T2, punto "D" viene prelevata una parte di segnale di media frequenza che viene portata, attraverso il condensatore da 25 pF al diodo di destra del tubo EBC3. Il segnale di media frequenza viene da questo raddrizzato e filtrato grazie alla resistenza da 2 MΩ e dai condensatori da 50.000 pF; esso costituisce una tensione negativa che viene applicata sia alla griglia della EF9 che a quella della ECH4 le quali avranno una polarizzazione negativa tanto più alta, quanto più ampio è il segnale di media frequenza. In tal modo l'amplificazione dei tubi viene ridotta quando il segnale tende ad aumentare, e viene aumentata quando esso diminuisce, ottenendosi con ciò una regolazione automatica dell'amplificazione, che manterrà costante il volume sonoro finale entro un ampio margine di variazione del segnale ricevuto.
L'intero circuito dell'apparecchio radio il cui schema elettrico (fig. 13-1) è stato analizzato, può esser sintetizzato nello schema a blocchi di fig. 13-2, dove non vengono posti a schema i singoli componenti, bensì la funzione dei singoli stadi che compongono l'apparecchio.

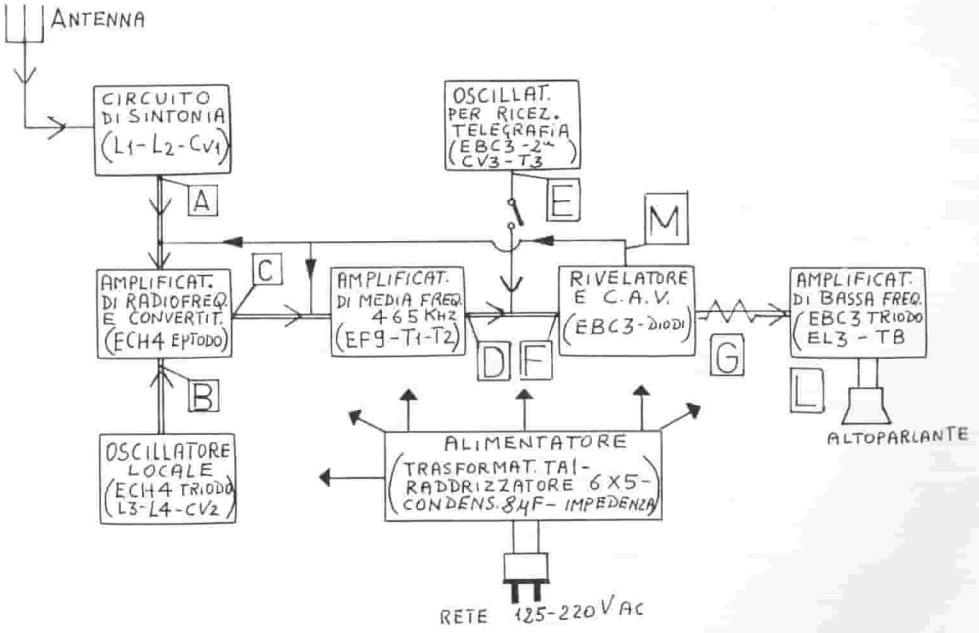


Fig. 13-2 Schema a blocchi del ricevitore.

DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DI UN TRASMETTITORE PER BANDA AMATORI A TUBI ELETTRONICI

Contrariamente a quanto credono di solito i profani, la generazione di segnali radio è meno problematica della loro ricezione: il costruire un

efficente trasmettitore implica, sia in fase di progettazione che di realizzazione pratica, minori difficoltà che il costruire un buon ricevitore.
Dai primi trasmettitori a scintilla si sono successivamente impiegati i tubi elettronici e il loro impiego negli apparati di trasmissione è continuato fino ai giorni nostri, malgrado l'avvento dei transistori. Infatti primi transistori non consentivano d'ottenere le elevate potenze raggiungibili con i tubi e non potevano garantire l'affidabilità di questi contro le elevate potenze e le alte temperature di lavoro.
Ormai la tecnologia dei semiconduttori ha raggiunto tali livelli per cui la maggior parte dei moderni trasmettitori sono progettati con transistor, ma tuttavia molti apparati di grande potenza, oltre 1 kW, continuano ad impiegare i tubi elettronici.
Essenzialmente un trasmettitore è composto da un oscillatore, che genera la radiofrequenza, da un eventuale amplificatore che ne aumenta la potenza, e da una antenna che la irradia nello spazio.
L'energia a radiofrequenza può anche venir modulata in ampiezza, provocando variazioni della potenza a radiofrequenza proporzionali alla modulazione audio, come pure può venir modulata in frequenza, lasciando in tal caso costante la potenza di emissione, ma provocando piccole variazioni di frequenza dell'oscillatore, proporzionali al segnale audio.
In figura 13-3 è riportato lo schema di un semplicissimo trasmettitore radiotelegrafico, impiegante un solo tubo, in grado di emettere potenze di qualche Watt su qualsiasi frequenza controllata dal quarzo.
Dallo schema si può rivelare come l'oscillazione avvenga per reazione fra catodo e griglia controllo del tubo, che potrebbe essere qualsiasi tetrodo o pentodo di potenza, quali i vecchi tubi 6V6; 6L6, o i più moderni ECL 82, 12BY7, ect.. L'accoppiamento fra catodo e griglia è ottenuto da C1, mentre il quarzo X risponde alla sollecitazione elettrica con una tensione di opposto segno e di frequenza pari a quella per cui è stato tagliato; il condensatore

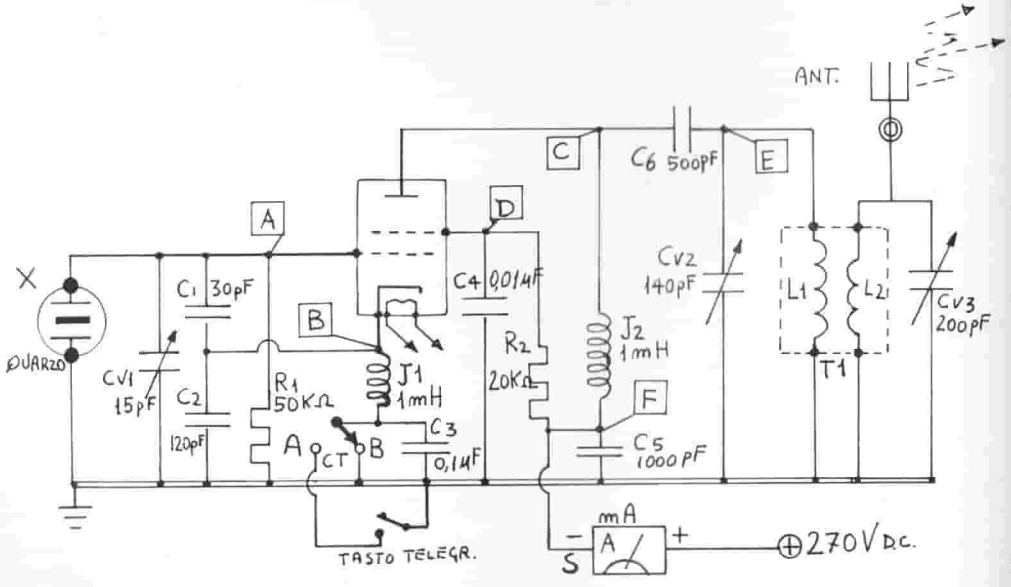


Fig. 13-3 Trasmettitore telegrafico.

variabile CV1 consente piccole variazioni di capacità in parallelo al quarzo e quindi piccole variazioni di frequenza dell'oscillatore.
Misurando con un voltmetro la tensione continua presente fra il punto [A] e la massa, troveremmo un valore di tensione di griglia altamente negativo, sull'ordine dei -30 o -50 Volt, infatti in oscillazione il tubo lavora in classe C, per cui conduce soltanto durante un brevissimo tratto di semionda positiva in griglia; a ripristinare l'intera simusoide per il tratto mancante provvede invece la bobina L1, che renderà per effetto reattivo, l'energia immagazzinata durante la conduzione del tubo.
L'impedenza J1 serve unicamente ad impedire che l'impulso a radiofrequenza presente in [B] venga scaricato a massa; il valore di 1 mH costituisce infatti una impedenza di circa 20.000 Ohm già per frequenza di 3 MHz, mentre nei confronti della corrente continua, ai fini delle conduzione, il catodo è praticamente collegato a massa.
La tensione anodica, fornita da qualsiasi alimentatore esterno raggiunge l'anodo attraverso l'impedenza J2 che impedirà alla radiofrequenza presente sul circuito anodico di influenzare l'alimentatore; qualche eventuale residuo di energia a radiofrequenza verrebbe comunque scaricato a massa dal condensatore C5.
Al punto [F] avremo pertanto la tensione continua di 270 Volt, senza alcuna componente a radiofrequenza, mentre al punto [C] sull'anodo del tubo, la tensione continua sarà accompagnata dalla componente radiofrequenza determinata dall'oscillazione del quarzo e dal "circuito volano" accordato composto da L1 e da CV2 che risultano collegati all'anodo mediante C6, per cui al punto [E] troveremo soltanto il segnale a radiofrequenza, privato dalla tensione continua anodica, bloccata appunto da C6.
La seconda griglia del tubo è alimentata sempre dalla tensione anodica, attraverso la resistenza R2, mentre il condensatore C4 fugherà a massa eventuali segnali a radiofrequenza.
Questa seconda griglia assolve due funzioni: la prima è quella di accellerare il flusso elettronico, aumentando in pratica la potenza del tubo, la seconda è quella di disaccoppiare il circuito oscillatore da quello volano, ossia di diminuire la capacità interelettrodica fra la griglia controllo e anodo evitando fenomeni di reazione fra questi due elettrodi: al punto [D] sarebbe misurabile una tensione continua, senza componenti a radiofrequenza.
La bobina L1 e il condensatore CV2 formano un circuito risonante che trasferirà elettromagneticamente l'energia al circuito L2-CV3, altro circuito risonante collegato direttamente all'antenna trasmittente.
La regolazione dei condensatori variabili CV2 e CV3 potrebbe consentirci di verificare che la massima resa del trasmettitore corrisponde all'incirca con il minimo assorbimento di corrente anodica, misurabile con il milliamperometro S.
Sia il quarzo X, che le bobine L1-L2, costituenti il trasformatore T1 sono montate su uno zoccolo, per cui è agevole sostituire sia il quarzo che l'intero trasformatore T1 ed operare così su qualsiasi frequenza fino ad oltre 70 MHz.
Inoltre, una interessante possibilità nell'impiego di T1 è offerta dall'accordo per armonica, infatti T1 potrebbe venir accordato su una frequenza multipla di quella del quarzo. Se ad esempio il quarzo oscilla su 3,5 MHz, le bobine di T1 potrebbero venir sintonizzate anche su 7 MHz, su 10,5 MHz.
L'accordo per armonica è molto sfruttato in tutte le apparecchiature di

trasmissione dove alcuni stadi di amplificazione vengono sovente usati come "moltiplicatori", accordandoli appunto su una frequenza multipla a quella del segnale ad essi applicato.
Il trasmettitore di fig. 13-3 funziona in telegrafia quando il commutatore CT sia posto in [A] inquanto avremo conduzione dal catodo solo alla chiusura del tasto telegrafico, mentre se CT viene posto in [B] l'emissione sarà continua, ma a questo riguardo potremmo considerare che se anzichè i 270 Volt in corrente continua, noi fornissimo quale alimentazione anodica una tensione modulata, il trasmettitore funzionerebbe in modulazione d'ampiezza "AM" erogando una potenza variabile a secondo del livello di modulazione inserito. In altre parole modulando l'alimentazione anodica, potremmo trasformare l'emissione telegrafica, in emissione telefonica.

Tipico ricetrasmittente portatile per altissime frequenze; è dotato di batterie ricaricabili e può venir sintonizzato su di una vasta gamma di frequenze; consente la connessione con antenne fisse e con microfono e altoparlanti esterni.

CAPITOLO XIV

- **I raddrizzatori e i diodi**
- **I semiconduttori**
- **I transistori**

I RADDRIZZATORI E I DIODI

Come abbiamo già visto nel precedente capitolo, la funzione di raddrizzare tensioni alternate può venire assolta da speciali tubi elettronici, i diodi, sfruttando il principio della conduzione in unico senso, dal catodo all'anodo, per cui il tubo può condurre soltanto quando l'anodo si trovi a tensione positiva rispetto al catodo.
Da alcuni anni i vecchi raddrizzatori a valvola sono stati egregiamente soppiantati dai moderni diodi semiconduttori, che sfruttando appunto la proprietà semiconduttiva di alcuni materiali consentono, analogamente ai diodi a volvola, il passaggio della corrente in un solo senso, ma con enormi vantaggi:
1 - non necessità di alimentare filamenti
2 - piccole dimensioni
3 - minor riscaldamento
4 - minor logorio del componente nel tempo.
In fig. 14-1 è riportato lo schema di inserimento di raddrizzatore impiegante valvola (A) e diodo a semiconduttore (B).

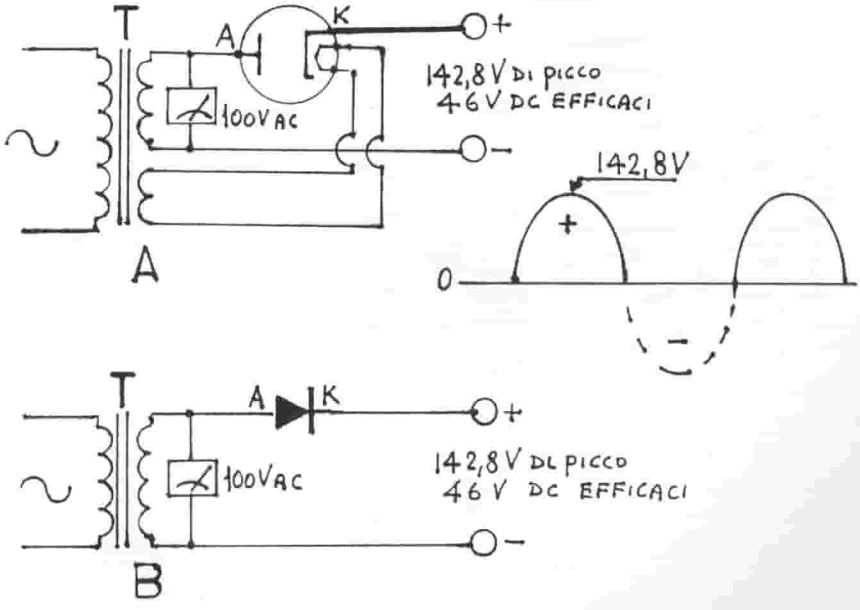


Fig. 14-1 Impiego dei raddrizzatori.

Si può notare come nel caso (A) il diodo a valvola debba venir fornito di tensione al filamento, mentre il diodo a semiconduttore (B) non ne abbisogna. In assenza di carico collegato fra i punti + e — le tensioni misurabili sono le stesse, mentre in presenza di carico, il diodo a valvola, presentando una resistenza interna molto elevata rispetto quelle del diodo a semiconduttore, soffre di una caduta di tensione molto maggiore, e conseguentemente di un calo di rendimento quando transitino alte correnti. Al catodo del diodo avremo una tensione di picco pari ai 10/7 della tensione alternata efficace presente ai capi del secondario del trasformatore, per cui, se essa, a titolo d'esempio, sia di 100 Volt, avremo $\frac{100 \cdot 10}{7} = 142{,}86$ V di picco.

Come è illustrato a lato della fig. 14-1, tali picchi di tensione si verificano solo per la semionda transitante per cui il valore efficace di questa tensione pulsante, si riduce a meno della metà del valore efficace in alternata, precisamente a Veff. ACx0,46 ossia nel nostro esempio a 100x0,46=46 Volt circa.

Vale a dire che una lampadina collegata tra i punti + e — del circuito darebbe una luminosità pari a quella che fornirebbe se collegata ad una batteria da 46 Volt DC.

È evidente che l'utilizzo di una sola semionda non permette di sfruttare nel migliore dei modi un sistema alimentante, ma l'utilizzo di più diodi ci consente migliori risultati, come nel circuito di figura 14-2, A e B.

Il circuito di fig. A è sostanzialmente identico a quello utilizzato per

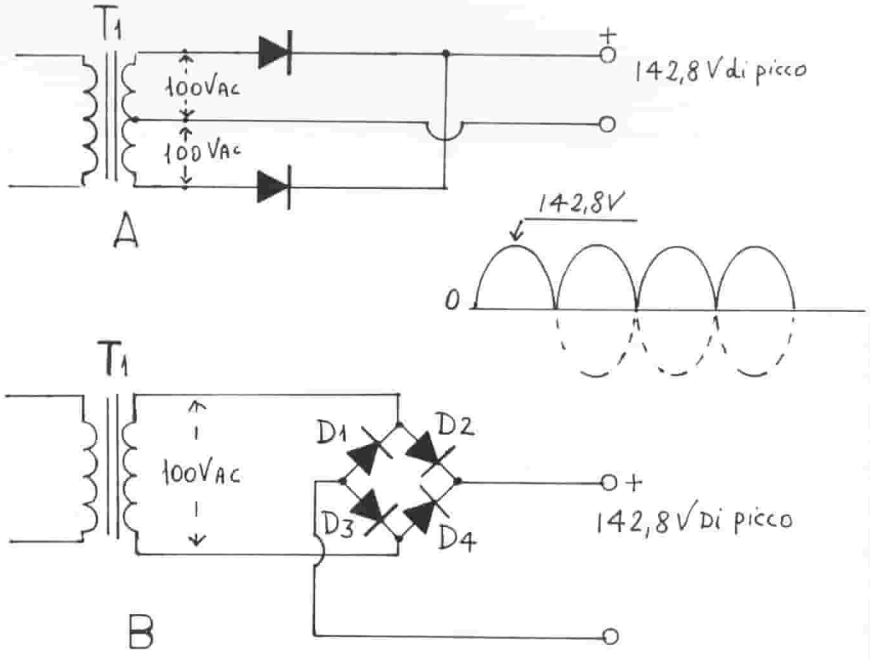
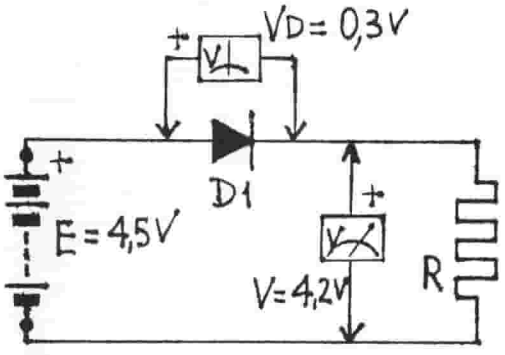
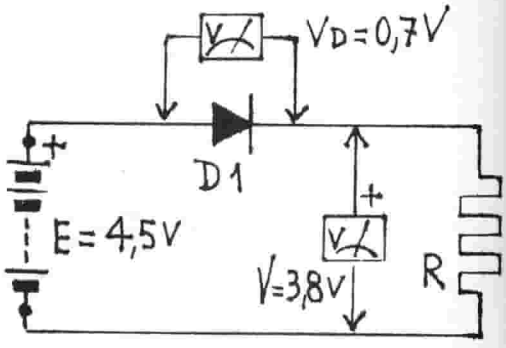


Fig. 14-2 Impiego dei raddrizzatori per doppia semionda.

alimentare il ricevitore di fig. 13-1, che utilizza una valvola doppio diodo, mentre quello di fig. B, offre le stesse prestazioni ma presenta il vantaggio di richiedere un trasformatore senza presa centrale, infatti la tensione viene prelevata direttamente sui catodi e sugli anodi del ponte di diodi costituito da D1-D2-D3-D4.
Supponendo di analizzare l'istante in cui il secondario di T1 presenta la massima tensione positiva sul lato superiore, avremo conduzione in D2; invertendosi la fase sul secondario di T2, avremo invece conduzione in D4, per cui avremo transito per entrambe le semionde della corrente alternata applicata e T1, ottenendo fra i poli + E — una tensione pulsante di frequenza doppia a quella che potevamo ottenere con il raddrizzamento ad una semionda illustrato in fig.: 14-1. Di conseguenza anche il valore efficace di tale tensione pulsante verrà raddoppiato per cui, fermo restando il valore di picco della tensione ($Vac \cdot \frac{10}{7}$), il valore efficace sarà Vac x 0,92.

Supponiamo ancora di analizzare l'istante in cui sul secondario di T1, al lato superiore sia presente la massima tensione positiva: il diodo D2 conduce e la corrente transiterà attraverso il carico collegato ai morsetti + e —, per chiudersi sul lato inferiore del secondario di T1, attraverso il diodo D3.
Invertendosi la fase avremo la massima tensione positiva sul lato inferiore del secondario T1, la corrente transiterà attraverso D4 e attraverso il carico raggiungerà il lato superiore del secondario transitando per D1. Abbiamo così visto che durante ogni semiciclo conducono o i diodi D2 - D3 oppure i diodi D4 - D1.
Negli schemi delle fig. 14-1 e 14-2 abbiamo supposto, per semplicità, che i diodi in conduzione presentino una caduta di tensione nulla ai loro estremi. In realtà il diodo in conduzione a seconda del materiale con cui è costruito, provoca una caduta di tensione tipica, che riveste scarsa importanza se le tensioni in gioco sono elevate, ma della quale va tenuto conto quando le tensioni siano di piccolo valore; le due grandi famiglie di diodi possono ricomprendersi in quelli al GERMANIO, e in quelli al SILICIO.
I diodi al Germanio, generalmente non consentono il transito di correnti molto elevate e non tollerano tensioni inverse particolarmente alte (non oltre i 300 Volt), mentre offrono una bassissima caduta di tensione (tipica 0,3 Volt).
I diodi al Silicio, ormai i più diffusi, consentono il transito di correnti anche elevatissime e tollerano tensioni inverse anche superiori ai 1000 Volt, mentre offrono una caduta di tensione tipica di circa 0,7 Volt.
Ovviamente più diodi possono venir posti in serie, ottenendosi così la possibilità di aumentare la tensione inversa, la fig. 14-3 schematizza le tensioni e le caratteristiche rilevabili per i due diversi tipi di diodi Germanio e Silicio.
Il circuito di fig. 14-2 viene chiamato circuito raddrizzante anche se non costituisce ancora un vero alimentatore in grado di fornire una tensione continua e stabile, come ottenibile da una batteria.
La tensione presente all'uscita dai diodi è infatti ancora pulsante; per renderla continua è necessario filtrarla mediante appunto un circuito filtrante come quello di fig. 14-4, un vero alimentatore.
Il condensatore C1, ad alta capacità, si carica completamente e tende a





D1 = Diodo al Germanio.
la tensione ai capi di R risulterà
V=E-VD1=4,5-0,3= 4,2 Volt
Invertendo D1 si avrebbe una circolazione di corrente di qualche microampere.

D1 = Diodo al Silicio la tensione ai capi di risulterà.
V = E - VD1 = 4,5-0,7= 3,8 V
l'invertendo D1 si avrebbe una circolazione di corrente pressochè nulla.

Fig. 14-3 Comportamento elettrico di due diversi tipi di diodo.

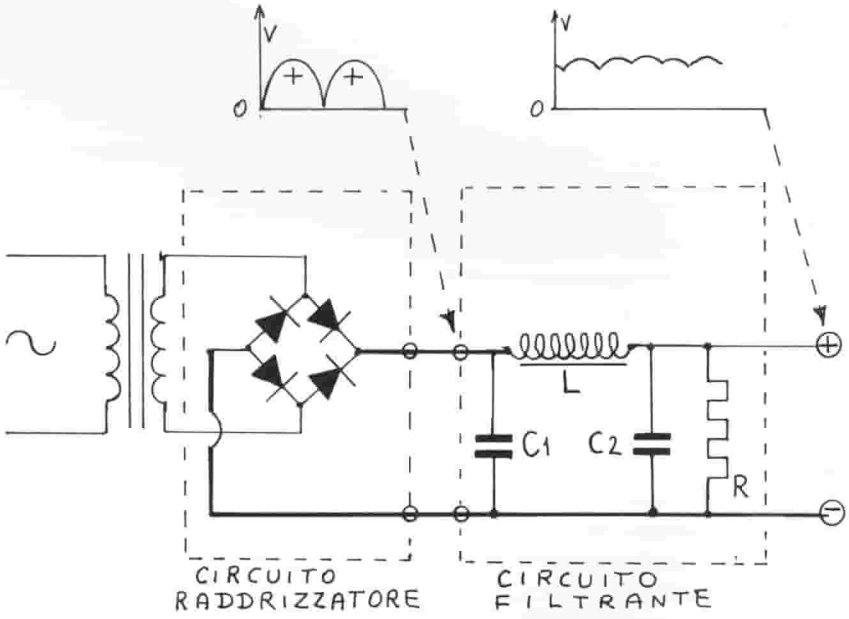


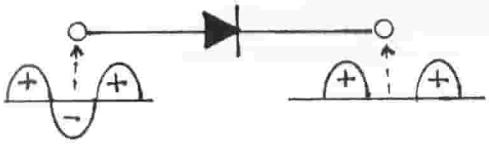
Fig. 14-4 Alimentatore composto da raddrizzatori e da circuito filtrante.

rendere la sua energia immagazzinata durante i periodi nei quali la tensione positiva tende a scendere; anche l'induttanza L, tende a rendere l'energia immagazzinata per induzione, offrendo un ulteriore livellamento alla tensione, mentre C2 provvede ad un ulteriore filtraggio, simile a quello ottenuto da C1.

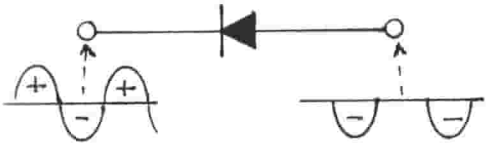
Si può affermare che più alta è la capacità dei condensatori C1 e C2, maggiore sarà il livellamento ottenuto, come pure maggiore sarà la

induttanza di L, migliore sarà il livellamento ottenuto per effetto reattivo, ma sarà anche maggiore la caduta di tensione ai capi di L, per cui nel progetto di un alimentatore si cerca di trovare un giusto compromesso per rendere minimo il cosidetto "ronzio" pur impiegando componenti non troppo ingombranti.

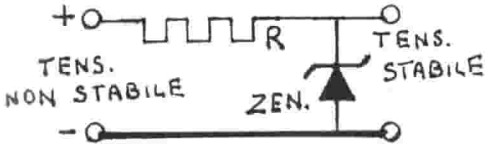
L'ALIMENTATORE di fig. 14-4 costituisce un fondamentale esempio dell'utilizzo di diodi raddrizzatori, per ottenere tensioni continue da tensioni alternate, tuttavia il diodo non trova applicazione solo come raddrizzazione, bensì in numerose altre funzioni. Vediamo schematizzati in fig. 14-5, i suoi principali impieghi.



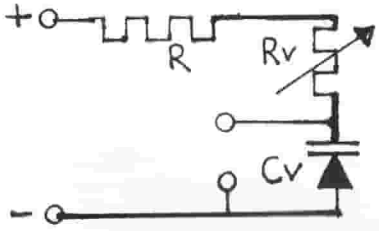
A) diodo impiegato come raddrizzatore di semionda positiva



B) diodo impiegato come raddrizzatore di semionda negativa



C) diodo con effetto Zener, impiegato per rendere stabile una tensione



D) diodo "Varicap". Costituisce una capacità, che varia a secondo della tensione applicatagli, regolabile mediante RV; sostituisce il condensatore variabile.

Fig. 14-5 Diversi tipi di diodi e loro impieghi.

I SEMICONDUTTORI

Un pezzo di filo di rame costituisce un conduttore, un pezzo di plastica o di legno un isolante; ovviamente a seconda della resistività del materiale impiegato avremo buoni o cattivi conduttori e isolanti con diversi gradi di isolamento ma sempre indipendentemente dal senso con cui la corrente in

essi transiti.
Già abbiamo visto, illustrando gli alimentatori, come i raddrizzatori a diodo semiconduttore in essi impiegati costituiscano dei componenti che sfruttano le proprietà semiconduttive, per cui in essi la corrente può transitare in un unico senso.
I più diffusi materiali costituenti elementi semiconduttivi sono il **germanio** e il **silicio,** ma non bisogna cadere nell'errore di considerarli semiconduttori così da soli!! Essi sono infatti dei pessimi conduttori; si pensi che il germanio presenta un atomo i cui quattro elementi di valenza lo tengono legato a quattro altri atomi (vedi fig. 14-6), ma alle temperature ordinarie, appena 2 elettroni ogni 10 miliardi di atomi, rimangono liberi di muoversi, per cui la conducibilità intrinseca del germanio risulta bassissima.
E' soltanto introducendo delle impurità nel germanio, per esempio d'antimonio o di arsenio, atomi pentavalenti, che si otterrà un notevole aumento della conducibilità intrinseca, ancorchè tali impurità siano di uno a dieci milioni!
Il "drogaggio" d'antimonio o d'arsenio comporta negli atomi di germanio la presenza di elettroni liberi in eccesso, ossia di cariche negative, per cui tale semiconduttore verrà chiamato di tipo N.

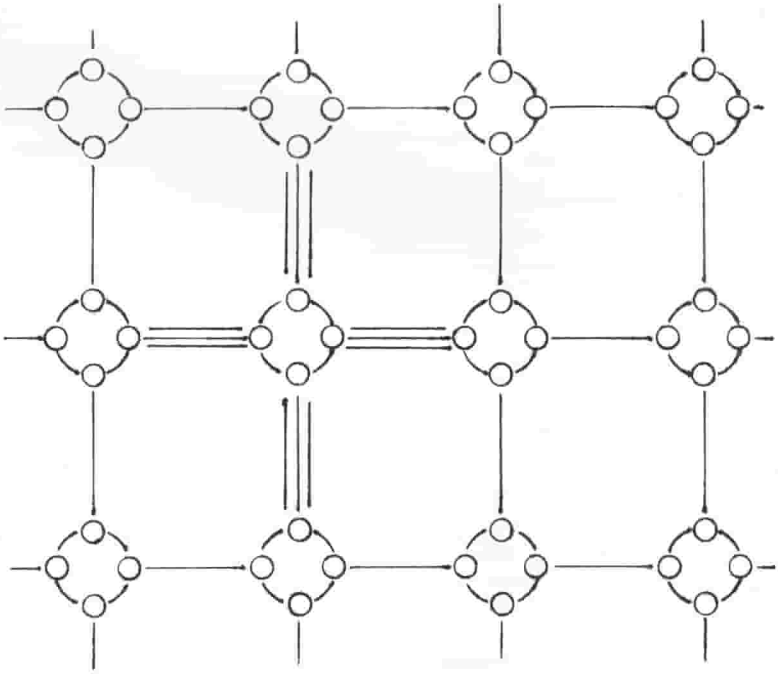


Fig. 14-6 la rete cristallina del germanio

Ma il "drogaggio" potrebbe anche venir attuato con atomi di un elemento trivalente, ad esempio alluminio, gallio, indio; determinando nel germanio uno squilibrio analogo, in quanto si avrebbe un eccesso non di cariche negative, ma di cariche positive, dette anche "lacune", ossia posti vacanti offerti dall'elettrone mancante! Tale tipo di semiconduttore verrà chiamato

di tipo P.
Il fenomeno della semiconduzione avviene soltanto quando un pezzo di materiale di tipo P verrà posto in contatto con uno di tipo N; il contatto viene appunto detto "giunzione".
La giunzione costituisce una barriera per cui gli atomi ionizzati negativamente dalla regione P respingeranno lontano dalla barriera gli elettroni liberi nella regione N.
Soltanto applicando una tensione fra due pezzi di materiale "giunti" si avrà il superamento della giunzione, ma solo nel caso che la polarità della tensione applicata lo consenta, diversamente la giunzione costituirà un isolamento, come illustrato in Fig. 14-7..

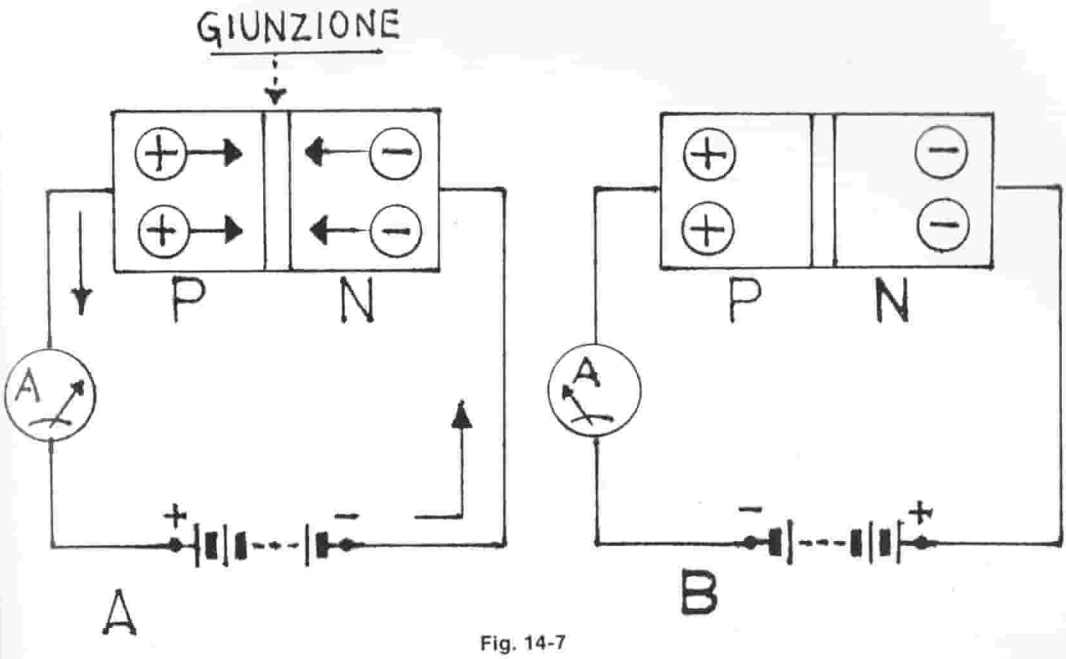


Fig. 14-7

Lo sfruttamento delle proprietà semiconduttive avviene dunque grazie alla giunzione, e la utilizzazione pratica del diodo la ritroviamo già descritta nell'argomento "raddrizzatori".
Possiamo osservare che, mentre nei tubi il raddrizzamento avviene per l'attrazione dell'anodo (positivo) nei confronti degli elettroni emessi dal catodo riscaldato, nei diodi a semiconduttore esso avviene "a freddo" per superamento della barriera costituita dalla giunzione P-N, vedremo in seguito come due giunzioni messe in opposizione costituiscano il transistor, nel quale come nel triodo, è possibile ottenere amplificazione.

I TRANSISTORI

E' risaputo che il transistor è stato costruito quasi per caso nel corso di un fortunato esperimento in cui si tentava di intervenire sulla conduzione di un diodo introducendovi un'altra giunzione.

Anche il fatto che il tubo elettronico sia nato prima del transistor è una combinazione, difatti il classico "detector" costituito dalla giunzione fra un cristallo di galena e una sottile punta di rame, usato ai primordi della radio, costituiva un esempio d'utilizzazione di proprietà semiconduttive!

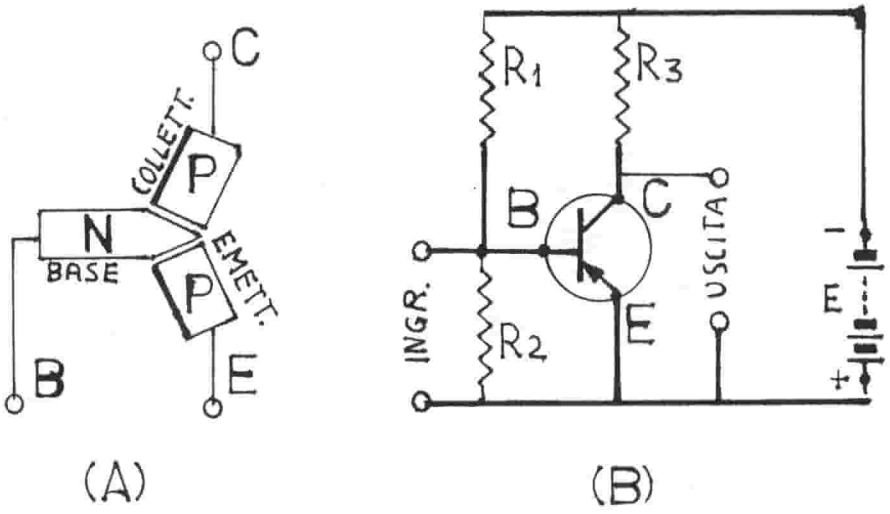


Fig. 14-8

In fig. 14-8 (A) abbiamo disegnati due pezzi di materiale drogati di tipo P, **messi in giunzione con un terzo pezzo di materiale drogato di tipo N,** una giunzione quindi di tipo P-N-P, costituente un transistor appunto P-N-P **che abbiamo schematizzato in fig. 14-8 (B) aggiungendovi un completo** circuito atto a costituire un amplificatore.
Per paragonare bene un transistor a una valvola abbiamo ridisegnato in fig. 14-9, un transistor di tipo N-P-N, con simile struttura schematica del P-N-P-, ma dove si NOTERA' LA POLARIZZAZIONE della batteria identica a quella impiegata nel triodo (fig. 14-9 (C)).
Infatti una valvola non può amplificare con tensione anodica negativa rispetto al catodo, mentre un transistor P-N-P amplifica con tensione di collettore negativa rispetto all'emettitore, in virtù delle "LACUNE", anzichè elettroni presenti nel semiconduttore di tipo P.
In altri termini il flusso di corrente elettrica, mentre avviene nella valvola soltanto per movimento di elettroni, nel transistor avviene anche per "posti liberi" o per "buchi" come se in un tubo pieno d'acqua venissero immesse bolle d'aria nel cui volume l'acqua potrebbe sempre riversarsi in un secondo tempo.
Osservando la fig. 14-9, notiamo come transistor tipo N-P-N e il suo circuito di amplificazione sia quasi identico a quello del triodo (fig. 14-9-C) dove la griglia è sostituita dalla base, l'anodo dal collettore, il catodo dall'emettitore.
Una importantissima differenza è però subito rilevabile dalla resistenza R1, che mentre nel triodo può essere omessa, non assorbendo la griglia corrente alcuna (almeno per funzionamento in classe A), nel transistor la stessa R1 è assolutamente necessaria, perchè affinchè il transistor conduca, una sia pur debolissima corrente **deve scorrere** tra base ed emettitore! Infatti la R1 di fig.

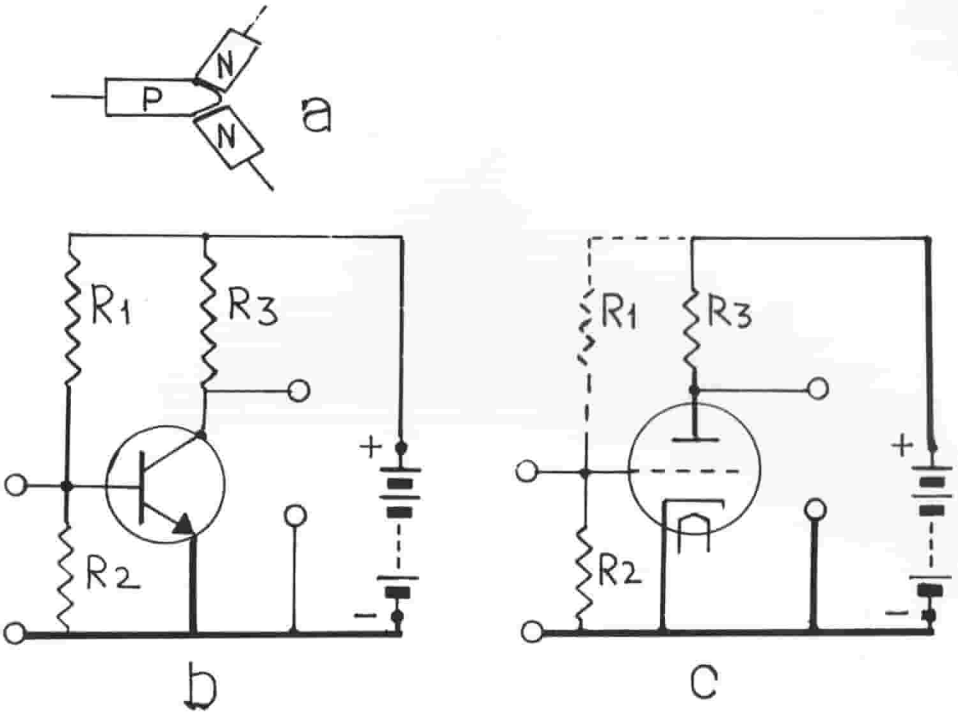


Fig. 14-9

14-9 (B) costituisce, assieme alla R2 un partitore di tensione che applica alla base del transistor una tensione tale da far scorrere nel senso BASE-EMETTITORE una determinata corrente, dell'ordine di alcuni MICROAMPERE, e solo in questa condizione si otterrà conduzione di corrente nel senso COLLETTORE-EMETTITORE dell'ordine di alcuni MILLIAMPERE. Variazioni di microampere nella corrente di base comportano variazioni di milliampere nella corrente di collettore: ecco il segreto dell'amplificazione nel transistor!

LE CURVE CARATTERISTICHE DEI TRANSISTORI

Così come s'era descritto per le valvole costruiremo un circuito adatto ad analizzare il comportamento di un transistor alla diverse tensioni applicate fra le sue "tre zampe": quello di fig. 14-10.
Naturalmente considereremo i milliamperometri e microamperometro con resistenza nulla e i voltmetri con resistenza infinita, quindi senza effetto sul circuito ma utili solo alle misure!
Tracceremo un quadro come quello in fig. 14-11, nel quale abbiamo posto in orizzontale la tensione di collettore VCE (uguale a VC visto che l'emettitore è collegato a massa) e in verticale la corrente di collettore Ic; lasceremo i due interruttori T1 T2 in posizione chiusa, la tensione Vc su 1O Volt e partiremo con la tensione Vb=0.
Vediamo ora cosa succede aumentando la tensione Vb.

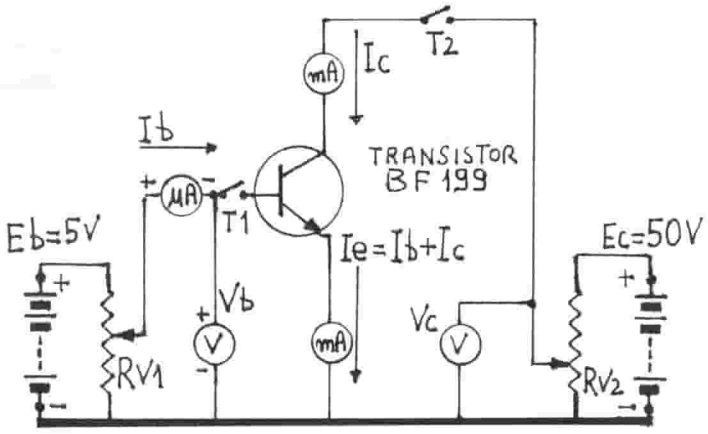


Fig. 14-10

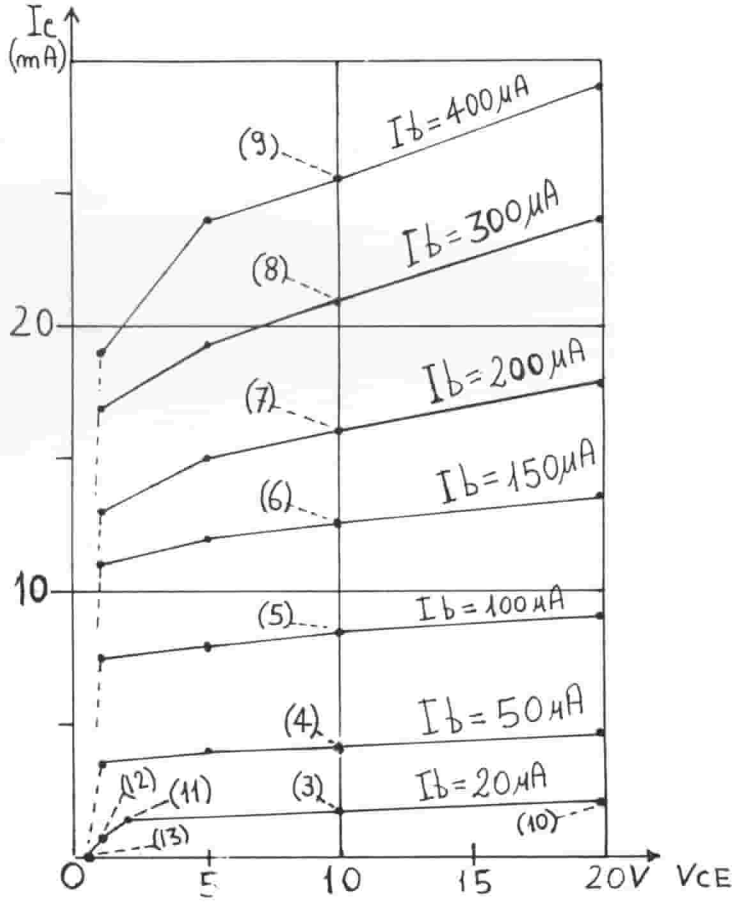


Fig. 14-11 Curve caratteristiche rilevate per il transistor BF 199 con il circuito di fig. 14-10.

(1) Con RV1 regolato per Vb=0 : Ie=0 ; IC=0
(2) Fino a quando Vb non viene regolato per almeno O,5 Volt, non avremo corrente di collettore.
(3) Regoliamo VR1 per superare la soglia dei 0,5 Volt ed ottenere un Ib=- 20μA; leggeremo una Ic=1,5mA, che segneremo sul quadro
(4) Regoliamo VR1 per ottenere una Ib di 50μA; noteremo che la tensione Vb sale di pochissimo in quanto la resistenza interna fra base-emitter diminuisce progressivamente al passaggio di maggior corrente; leggeremo una I_c=4m A che registreremo
(5) Regoliamo VR1 per Ib=100μA; leggeremo Ic=8,5mA e registriamo
(6) Regoliamo VR1 per Ib=150μA; leggeremo Ic=12,5mA e registriamo
(7) Regoliamo VR1 per Ib=200μA; leggeremo Ic=16,0mA e registriamo
(8) Regoliamo VR1 per Ib=300μA; leggeremo Ic=21,mA e registriamo
(9) Regoliamo VR1 per Ib=400μA; leggeremo Ic=25,5mA e registriamo

Abbiamo così un quadro della situazione corrente di collettore/corrente di base per una tensione di collettore costante fissata a 10 Volt.
Ora proviamo a regolare VR1 ancora per una Ib=20μA e variare invece la VR2 onde ottenere i diversi valori di Ic al variare di Vc, con Ib costante.
(10) Regoliamo VR1 per Ib=20μA; regoliamo VR2 per Vc=20 Volt; leggeremo una Ic=2mA; registriamo.
(11) Ib=20μA; regoliamo VR2 per Vc=2 Volt; leggeremo una Ic=1,2mA; registriamo
(12) Ib=20μA; regoliamo Vc=1 Volt; leggeremo Ic=0,8mA; registriamo.
(13) Ib=20μA; regoliamo Vc=0,4 Volt; leggeremo Ic=0mA; registriamo.

Se congiungiamo ora tutti i punti (10)-(3)-(11)-(12)-(13) otteniamo la curva relativa alla corrente di base Ib=20μA
Con analogo procedimento possiamo tracciare quindi le curve relative alla altre Ib, ottenendo il grafico completo per ogni tensione Ic che possiamo regolare mediante VR2.
Nel disegno di fig. 14-11 abbiamo tracciato per ogni Ib i punti relativi alle tensioni 1; 5; 20 Volt di Vc ottenedo il completo grafico per il nostro transistor BF 199, sul quale potremo così fare le considerazioni che seguono.

IL GUADAGNO

Il dato più interessante che possiamo rilevare dalle curve tracciate è la misura del guadagno del nostro transistor: se prendiamo infatti a riferimento la curva relativa alle correnti di base di 50 μA (punto (4)) e di 100 μA (punto (5)) **possiamo rilevare dal grafico che per esse avremo rispettivamente** i valori di Ic= 4 mA ed Ic= 8,5 mA, quindi una differenza di Ib di 100-50= 50μA, **comporta una differenza di I_c 8,5-4= 4,5 mA; il guadagno, designato dalla** lettera greca β (beta) è dato dal rapporto fra la differenza di Ic e la corrispondente differenza di Ib, quindi:

$$\frac{4,5}{0,05} = 90$$

Il guadagno di ogni transitore, è dato quindi da:

$$\beta = \frac{\Delta\ Ic}{\Delta\ Ib}$$

RESISTENZA D'INGRESSO

Supponendo di aprire il commutatore T2 nel circuito di fig. 14-10, il transitore si comporta come un normale diodo nel quale circolerà la corrente Ib nel senso BASE-EMETTITORE.
Abbiamo già detto che la Vb, oltre i circa 0,5 o 0,6 Volt, varia di pochissimo, anche portando al massimo la regolazione di VR1, inquanto la resistenza interna del diodo si abbassa notevolmente; anche se noi regolassimo al massimo VR1 la batteria verrebbe praticamente cortociurcuitata e si provocherebbe la distruzione del transistor ma senza apprezzabili variazioni della tensione letta sullo strumento Vb;
pertanto su Vb continueremo a leggere circa 0,6 Volt, mentre la regolazione di VR1 comporterà variazioni di Ib.
Prendiamo ancora a riferimento la corrente di base di 50 μA (punto (4)) e possiamo, per la legge di ohm calcolare che la resistenza d'ingresso del nostro transistore è di

$$\frac{V}{I} = \frac{0{,}6}{0.000050} = 12.000\ \Omega$$

mentre per una Ib di 20 μA sarà

$$\frac{0{,}6}{0{,}00002} = 30.000\ \Omega$$

e per una Ib di 100 μA sarà

$$\frac{0{,}6}{0{,}0001} = 6.000\ \Omega$$

La resistenza (o impedenza se trattasi di correnti alternate applicate alla base) varia quindi in modo inversamente proporzionale alla corrente di base Ib. Essa è data dalla legge di ohm:

$$\text{Resistenza d'ingresso} = (Ri) = \frac{Vbe}{Ib}$$

Si noterà l'importante differenza fra l'impedenza d'ingresso alla griglia dei tubi, **praticamente elevatissima, e la relativamente bassa impedenza pre**sentata alla base del transistore, almeno quando esso viene utilizzato con emettitore comune.

RESISTENZA D'USCITA

Vista la resistenza d'ingresso, presentata fra base ed emettitore del transistore, possiamo rilevare anche, dalle curve di fig. 14-11 la resistenza d'uscita intesa fra collettore ed emettitore del transistore.

Se assumiamo ancora il punto (4), relativo alla Ib= 50 μA possiamo, sempre con la legge di ohm, calcolare la resistenza (o impedenza se trattasi di correnti alternate), data da

$$R \text{ collettore/emettitore} = \frac{Vc}{Ic} = \frac{10\ V}{0{,}0015} = 6666{,}6\ \Omega$$

e per una Ib= di 100 μA, sarà=

$$= \frac{Vc}{Ic} = \frac{10}{0{,}01} = 1000\ \Omega$$

La resistenza (o la impedenza) d'uscita presentata fra collettore e emettitore in un transistore montato con emettitore comune, come quello di fig. 14-10 da:

$$\text{Resistenza d'uscita (Ro)} = \frac{Vc}{Ic}$$

Noi ci fermeremo a questi tre parametri fondamentali, anche se, naturalmente, le case costruttrici ne forniscono numerosi altri, di notevole importanza, utilissime ai costruttori di circuiti impieganti transistori ed in particolare vengono dati i valori limite delle correnti e tensione massime sopportabili dal tranistore. Nell'esempio del nostro BF 199 esse sono:

- **Tensione massima fra collettore e base (con emitter staccato)=VCBO=40V ricordiamo come nel senso collettore base il transistore sia in diodo polarizzato con tensione inversa; diodo che regge una determinata tensione dopo la quale si guasta)**
- Massima tensione inversa fra base ed emettitore = VEBO= 4V
- Massima corrente di collettore = Ic = 30 mA
- Massimo campo di temperatura = Tstg = -65/+ 150C°
- Massima potenza dissipabile (a 25 C°) = Ptot = 500 mW
- Massima frequenza di funzionamento (freq. di taglio) = fT 550 MHz

Abbiamo riportato solo i dati più importanti, mentre possiamo completare la trattazione sul transistore in generale, elencando i tre sistemi fondamentali di inserimento nei circuiti del transistore, come schematizzati in fig. 14-12.

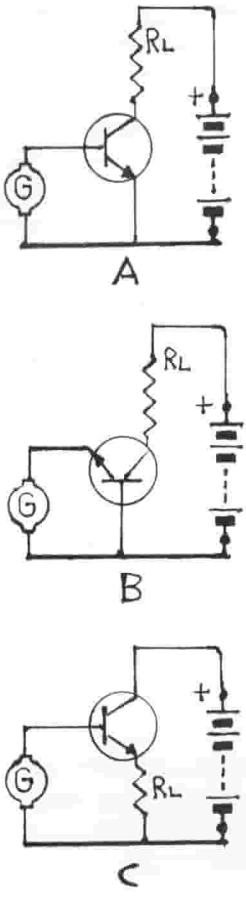
L'inserimento più diffuso è quello ad emettitore comune, in quanto consente il maggior guadagno in potenza; esso è in definitiva il classico circuito già studiato per il triodo amplificatore.

In figura 14-13 è riportato un semplice schema di amplificatore impiegante il transistore BF199, da noi preso in esame.

Sul quale effettueremo qualche semplice calcolo, traendone le considerazioni più rilevanti.

Supponiamo che in condizioni di riposo, ossia senza segnale applicato all'ingresso, si voglia dare al transistore una tensione di collettore di 6 Volt e una corrente di collettore di 8,5 mA, per cui osservando il grafico di fig. 14-11, dovremo dare una corrente di base di 100 μA.

$$R3 = \frac{(Vb-Vc)}{Ic} = \frac{12-6}{0{,}008} = 750\ \Omega$$



A = EMETTITORE COMUNE

Bassa impedenza d'ingresso alta impedenza d'uscita alto guadagno (β) di Ic e Vc, alto guadagno in potenza.

B = BASE COMUNE

Bassissima impedenza d'ingresso altissima impedenza d'uscita guadagno unitario di Ic e Vc medio guadagno in potenza

C = COLLETTORE COMUNE

Altissima impedenza d'ingresso bassissima impedenza d'uscita guadagno Ic molto alto; basso guadagno di potenza.

Fig. 14-12 Circuiti in cui può essere disposto il transistore.

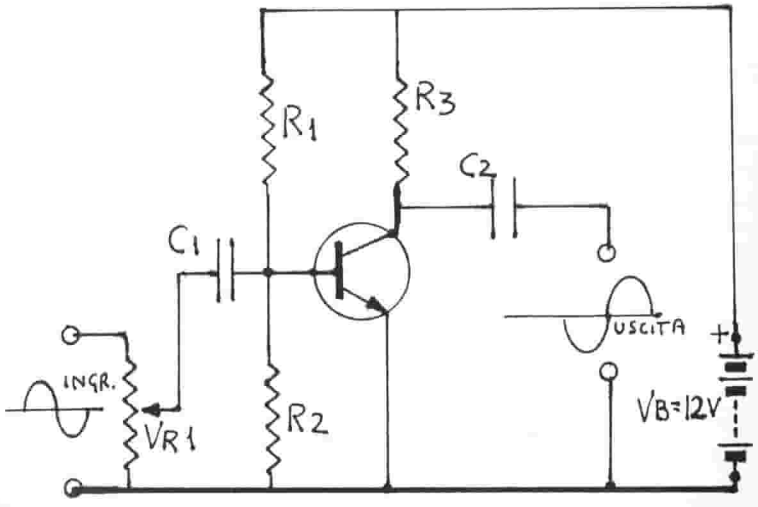


Fig. 14-13 Esempio di utilizzazione del transistore BF199 in uno stadio amplificatore audio.

Leggermente più complicato il calcolo partitore R1, R2, per fornire alla base la corrente di 100 μA; consideriamo la giunzione base - emettitore come una resistenza in cui, alla tensione di 0,6 Volt, scorre una corrente di 100 μA, per tanto essa avrà valore

$$Rbe = \frac{0{,}6}{0{,}0001} = 6000\ \Omega;$$

Tale resistenza dovremo considerarla in parallelo alla R2, alla quale daremo un valore circa doppio di quella calcolata per la giunzione base - emettitore, ossia 6000x2= 12.000 Ω = R2.
Rimane ora da calcolare il valore da assegnare ad R1 affinchè essa provochi la caduta di 12-0,6 Volt= 11,4 volt, onde tenere la base polarizzata appunto a 0,6 V
Possiamo ridurre il circuito a quello di fig. 14-14.

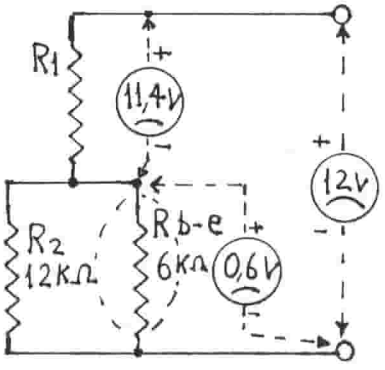


Fig. 14-14

Il parallelo formato da R2 ed Rbe costituisce una unica resistenza Rp di valore =

$$\frac{1}{\frac{1}{12.000} + \frac{1}{6.000}} = \frac{1}{0{,}00025} = 4000\ \Omega$$

pertanto, alla tensione di 0,6 Volt, avremo una corrente, attraversante anche la R1, di

$$\frac{0{,}6}{4.000} = 0{,}00015\ \text{A};$$

la R1 dovrà provocare una caduta di tensione di 11,4 Volt, essendo attraversata da 0,00015 A, per cui il suo valore sarà:

$$R1 = \frac{11{,}4}{0{,}00015} = 76\ \text{K}\Omega$$

potremo a questo punto facilmente calcolare come una variazione della corrente di base di 50 μA (vedi le curve Ib= 100 μA; 16=150 μA) comporti una variazione di corrente di 4 mA in collettore e quindi 0,004.R3= 3 Volt ai capi di R1 e calcolare nel medesimo modo ogni altra variazione corrispondente, ma l'approfondimento dei calcoli sui circuiti transistorizzati esula dal nostro programma, per il quale è più che sufficiente la breve trattazione da noi effettuata.

Forse è inutile ricordare come il transistore abbia ormai da tempo sostituita la valvola in ogni sua funzione.

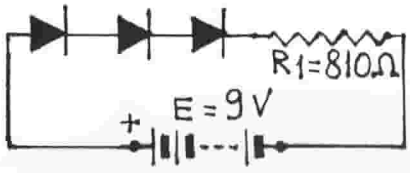
Inoltre la moderna tecnologia è stata in grado di produrre altri tipi di componenti attivi quali i FET (Field Effect Transistor) o transistori ad effetto di campo, con i quali si evita anche la bassa impedenza base-emitter, tipica dei transistori normali, rendendo tale componente quasi identico al tubo elettronico.

Anche per le applicazioni in alta potenza, fino a qualche anno fa ottenibili solo con valvole, il transistore è oggi in grado di rendere potenze superiori a diverse centinaia di Watt, e di reggere temperature notevoli.

Unico inconveniente non ancora del tutto eliminato nei componenti a semiconduttore rimane la scarsa sopportazione istantanea di sovratensioni o sovra correnti: tensioni elevatissime vengono infatti a crearsi per induzione in alcune condizioni quali apertura o chiusura di circuiti, sbalzi di tensione di alimentazioni, cariche elettrostatiche, etc: esse vengono tollerate benissimo dalle valvole, mentre risultano fatali per il semiconduttore, provocandone la distruzione! Per tal motivo i circuiti impieganti transitori, abbisognano di circuiti filtranti particolari, e di accorgimenti che evitino il crearsi di fenomeni transitori soprattutto negli oscillatori e negli stadi ad alta potenza.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 14

14-1 **Nel circuito di figura, impiegante tre diodi al germanio, quale** corrente circolerà in R1?



14-2 Osservando le curve caratteristiche del transistore BF199, di figura 14-11, e supponendo di fornire al transistore una Vce di 15 Volt, con una Ib di 150 μA quale sarà il valore di Ic?

14-3 In un transistore ignoto del quale si rilevino le curve con il circuito di fig. 14-10, riscontriamo che, ferma restando la tensione Vce, una variazione di Ib di 50 μA ($\triangle$Ib=50 μA) comporta una variazione di Ic di 12 mA ($\triangle$Ic=12 mA). Quale sarà il guadagno (β) del transistore?

RISPOSTE

14-1 = 10 mA
14-2 = 13 mA
14-3 = β = 240

CAPITOLO XV ▸ **Caratteristiche elettriche e costruttive dei trasmettitori radiotelegrafici e radiotelefonici**

▸ **Tipi di emissioni.**

CARATTERISTICHE ELETTRICHE E COSTRUTTIVE DEI TRASMETTITORI RADIOTELEGRAFICI E RADIOTELEFONICI

Già nel capitolo 13° abbiamo analizzato oltre ai circuiti di un ricevitore, quelli di un trasmettitore telegrafico, considerandone i vari elementi e non sarà sfuggita l'osservazione di come il trasmettitore sia, nell'insieme, molto più semplice di un ricevitore.

Mentre infatti nel ricevitore assumono importanza notevolissima caratteristiche quali:

1) sensibilità
2) selettività
3) reiezione ai segnali indesiderati
4) fedeltà di riproduzione

per le quali è necessario progettare sia elettricamente che meccanicamente ogni circuito, un trasmettitore è principalmente caratterizzato da

1) potenza assorbita dallo stadio finale o potenza emessa dal morsetto d'antenna.
2) emissione di segnali indesiderati (armoniche o spurie)
3) tipo e profondità di modulazione (solo per i trasmettitori telefonici)
4) stabilità di frequenza.

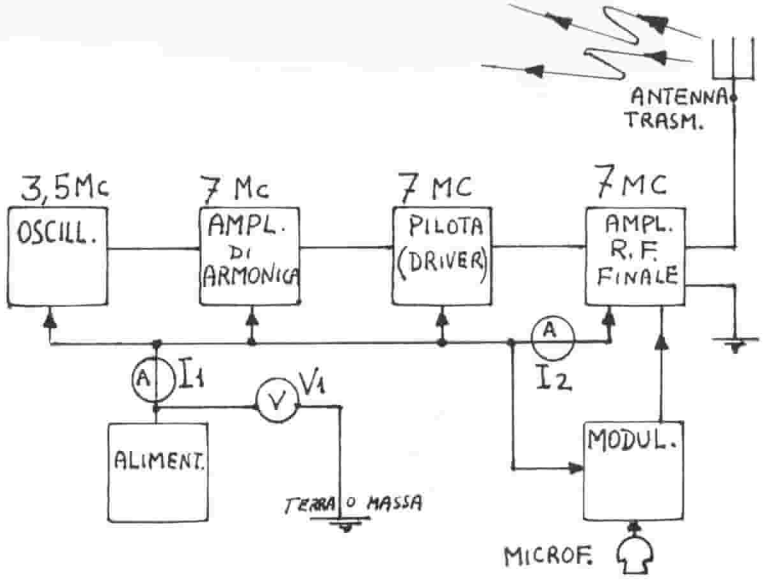


Fig. 15-1 Trasmettitore modulato in ampiezza disegnato a blocchi.

Vediamo di analizzare una ad una queste quattro caratteristiche fondamentali di ogni trasmettitore, prendendo come riferimento schema a blocchi di fig. 15-1, dove è illustrato un trasmettitore per modulazione d'ampiezza.

1) POTENZA ALLO STADIO FINALE

L'alimentazione, che fornisce energia a tutti i circuiti dell'apparecchio, erogherà una corrente, misurabile dallo strumento I1; il prodotto fra la corrente erogata e la tensione dell'alimentatore ci fornirà la potenza in Watt assorbita dall'intero apparecchio.

Se ad esempio I1 ci indicasse 3 Ampere e V1= 13,5 Volt l'apparato dissiperebbe complessivamente 3x13,5= 40,5 W.

Ma se noi consideriamo la sola corrente assorbita dallo stadio finale, ossia quella che verrà convertita in radiofrequenza da consegnare all'antenna, essa sarà data da I2xV1; se ad esempio I2 ci indicasse 1,2 Ampere l'energia assorbita dallo stadio finale sarà 1,2x13,5= 16,2 Watt.

Tale misura è la più significativa nei trasmettitori in quanto è di facile rilievo e, pur non fornendo l'esatto valore dell'energia a radiofrequenza irradiata, fornisce tuttavia un dato molto valido a designare la potenza del trasmettitore: nel caso che tutti i 16,2 Watt venissero trasformati in energia a radiofrequenza, lo stadio finale avrebbe un rendimento del 100%, impossibile, ad ottenersi in quanto parte di quell'energia andrà perduta in calore, dissipato dal transistore o valvola finale, parte in campi elettromagnetici e perdite nei circuiti accordati.

Se all'antenna noi misurassimo una effettiva energia a radio frequenza di 9,72 Watt potremmo dire che il rendimento dello stadio finale è

$$\frac{9{,}72}{16{,}2} = 0{,}6 \text{ ossia del } 60\%.$$

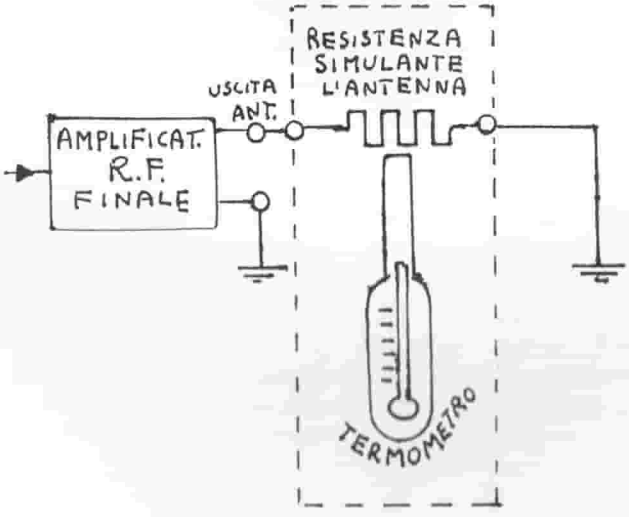


Fig. 15-2 Misura della R.F. con termocoppia.

Generalmente il rendimento di uno stadio finale varia fra il 50% e 85% a seconda delle progettazioni e dei circuiti impiegati.
Ricordandoci allora che la potenza assorbita dallo stadio finale è data dal prodotto fra la corrente e la tensione ad esso applicato (legge di ohm: W=V•I) passiamo a considerare la misura dell'effettiva potenza irradiata.
Essa non è di facile rivelazione in quanto richiede uno strumento che simuli l'antenna e che presenti impedenza identica a quella dell'uscita dello stadio amplificatore R.F.. Il sistema più valido è quello della termocoppia: si misura l'incremento di calore di una resistenza applicata ai morsetti d'antenna del trasmettitore e conoscendo la corrispondenza fra l'aumento di temperatura e i Watt dissipati si calcola facilmente la potenza (vedi fig. 15-2).
Se ad esempio si fosse verificato che ogni grado di temperatura letto in più sul termometro corrisponde a 2 Watt, nel nostro caso otterremmo un incremento di temperatura di

$$\frac{9{,}72}{2} = 4{,}86 \text{ gradi}$$

Il che significa che, se col trasmettitore inattivo la temperatura fosse 18 gradi, col trasmettitore operante troveremo una temperatura di 18 + 4,86 = 22,86 gradi.
Esistono strumenti basantisi su questo principio altamente sofisticati, che tengono conto delle variazioni di temperatura dell'ambiente, perdite etc, fornendo misure assai precise.

POTENZA DI PICCO

Dobbiamo ora toccare un delicato argomento: la potenza di picco o istantanea, impropriamente misurata in Watt, per la quale, considerando un certo istante si possono ottenere valori molto più elevati di quelli fin qui considerati. Il fenomeno è importante nelle emissioni in banda soppressa:

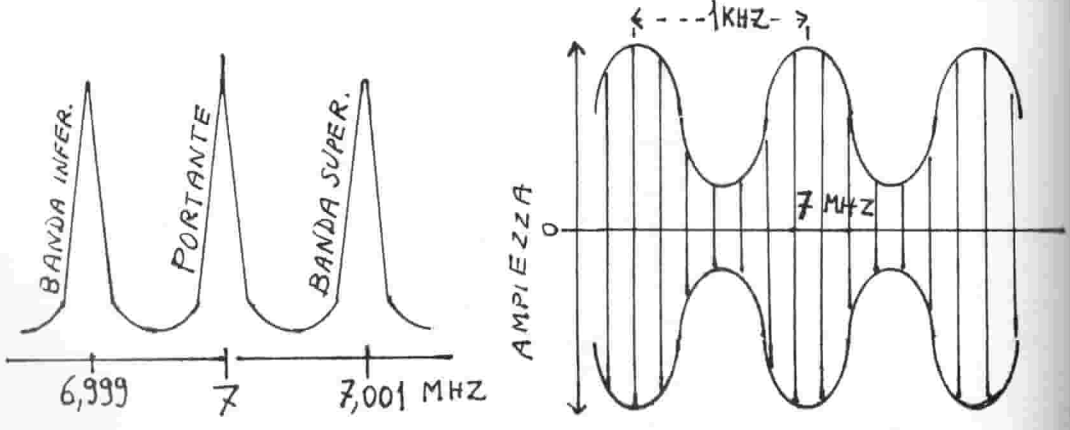


Fig. 15-3 Emissione di un segnale modulato a 1 kHz.

sempre considerando il nostro trasmettitore di fig. 15-1, se noi lo moduliamo alla massima profondità con un segnale di 1 kHz otterremmo un'energia radiofrequenza composta da tre diverse frequenze, come illustrato in fig. 15-3.
I nostri 9,72 Watt saranno distribuiti più o meno equamente tra il segnale portante (quello che avremmo in assenza di modulazione) e le due bande laterali generate dalla modulazione.
È chiaro che se noi, con particolari accorgimenti, riusciamo a sopprimere la portante ed una delle due bande, ad esempio, la inferiore, possiamo utilizzare l'intera potenza nella sua banda superiore, sicchè l'energia ottenibile ne risulterebbe triplicata e otterremmo così 9,72x3= 29,16 Watt; Watt istantanei non dobbiamo dimenticare, in quanto in assenza di modulazione anche l'unica banda verrebbe ad azzerarsi.
Abbiamo detto che si sta parlando di watt impropriamente, perché, possiamo chiederci, come è possibile che uno stadio finale che assorbe complessivamente 16,2 W ne fornisca 29,16 in radio frequenza? Poiché il watt è dato dalla corrente di un ampere per la tensione di un volt, per il tempo di un secondo, è chiaro che se noi riduciamo il tempo, parlare di watt diviene improprio, tuttavia agli effetti del rendimento possiamo considerare ancora valida la misura.

Se io infatti accendo una lampadina avente resistenza di 1 Ω con una tensione di 1 Volt per un secondo di tempo, essa dissiperà un Watt, rendendo una certa luminosità.
Ma io potrei applicarvi la tensione di 1000 Volt e accenderla per un solo millisecondo: avrei ancora il consumo di un Watt ma la luminosità della lampadina, per quel brevissimo istante, sarebbe pari a quella di 1000 Watt!
Così avviene per le misure a radio frequenza in soppressione di banda (SSB) che si effettuono appunto considerando i Watt di picco massimo in presenza di massima modulazione.

2) EMISSIONE DI SEGNALI INDESIDERATI (ARMONICHE E SPURIE)
Un trasmettitore di buona qualità deve emettere in minima parte segnali armonicheo spurii. Teoricamente un segnale perfettamente sinusoidale è esente da armonche, mentre mano a mano che la forma sinusoidale risulta alterata insorgono i segnali armonici, di frequenza multipla della fondamentale. Se ad esempio generiamo un segnale di 7 MHz, non perfettamente sinusoidale, si avranno anche segnali di frequenza 7x2= 14 MHz (prima armonica); 7x3=21 MHz (seconda armonica) 7x4= 28 MHz (terza armonica) e così via all'infinito, una serie di armoniche di potenza sempre più debole.
Il fenomeno dell'armonica viene ampiamente sfruttato per ottenere moltiplicazione di frequenza. Se ad esempio si vuole costruire un trasmittore per 430 MHz, non è conveniente progettare l'oscillatore per tale frequenza, infatti non esistono quarzi in grado di oscillare a frequenze così elevate; si ricorre allora all'espediente di costruire un oscillatore di frequenza 430:18= 23,888 MHz e quindi si accorda uno stadio amplificatore sulla seconda armonica di esso, quindi un altro stadio sulla terza armonica e così via fino a "consegnare" allo stadio finale il segnale di frequenza desiderata (vedi fig. 15-4).
Anche nello schema blocchi di fig. 15-1 viene impiegato l'amplificatore d'armonica a 7 MHz per moltiplicare la frequenza dell'oscillatore a 3,5 MHz.
Se lo sfruttamento dell'armonica è utile per ottenere la moltiplicazione di frequenza, la presenza d'armonica allo stadio finale diviene fonte di disturbo

in quanto irradiata assieme al segnale fondamentale.

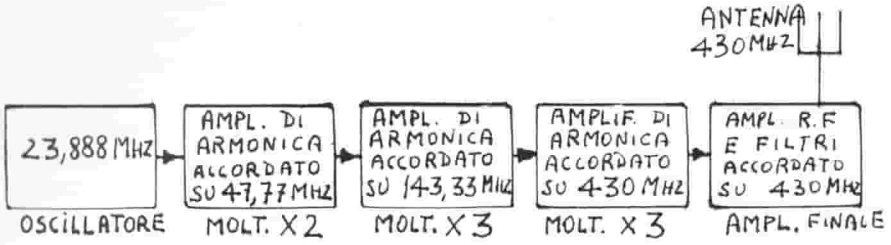


Fig. 15-4 L'amplificazione armonica mediante stadi moltiplicatori. Accordati su frequenze multiple di quelle consegnate dallo stadio precedente.

Essendo impossibile eliminarla completamente, si ricorre a vari espedienti per ridurla al minimo. Il sistema più efficente è quello di applicare dei filtri fra il componente attivo (valvola o transistor) dello stadio finale e l'antenna; filtri, che formano una "trappola" per tutti i segnali di frequenza molto superiore a quella della portante. Vengono appunto chiamati filtri "passa basso" o "trappole passa basso" proprio perchè consentono il passaggio solo di frequenze attorno al valore della fondamentale e "intrappolano" quelle più alte. Sono sempre progettati sul principio della risonanza elettrica già ampiamente studiato, e in particolare nel capitolo 11, dove alla fig. 11-6 vengono appunto schematizzati tipi di filtro "passa basso".

Oltre al tipico segnale indesiderato per effetto d'armonica, altri segnali indesiderati di frequenza non multipla della portante, vengono definiti genericamente col nome di "segnali spurii". Essi sono solitamente provocati da cattivo filtraggio d'alimentazione o da eccessiva modulazione o da instabilità nella frequenza dell'oscillatore del trasmettitore: il risultato negativo dei segnali spurii è quello di provocare una "occupazione" di banda di frequenza da parte del segnale portante, più ampia del necessario. L'eliminazione dei segnali spurii si effettua curando bene il progetto e la messa a punto dei circuiti menzionati e particolarmente dotando il modulatore di un circuito antisaturazione che regoli automaticamente i livelli di modulazione.

LA MISURA DELLE ARMONICHE E DELLE SPURIE IL DECIBEL

Le case costruttrici di trasmettitori forniscono le caratteristiche degli stessi apparati, fra le quali l'indicazione della soppressione dei segnali indesiderati (armoniche e spurie) riveste grandissima importanza.

Tali misure si effettuano con un particolare strumento detto Analizzatore di Spettro (Spectrum analyzer), non certo alla portata dei radioamatori dato il suo alto costo, ma molto impiegato nei laboratori di progetto.

Esso è sostanzialmente un ricevitore; ma un ricevitore dotato di un particolare circuito automatico di sintonia che consente la visualizzazione su di uno schermo dei segnali presenti entro una vasta gamma di frequenza, e la loro misura in ampiezza.

La fig. 15-5 illustra, molto semplificato, un analizzatore di spettro collegato

ad un trasmettitore per 14 MHz di cui si vogliono misurare i livelli di segnali indesiderati.

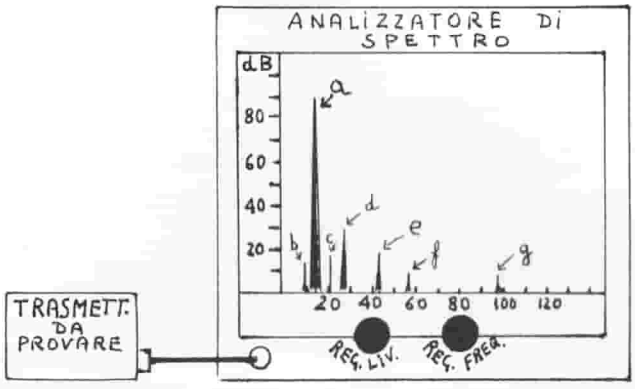


Fig. 15-5 L'analizzatore di spettro impiegato per le misure di segnali indesiderati emessi da un trasmettitore - visione tipica per una emissione su 14 MHz.

La traccia orizzontale (asse x) dello schermo riporta la frequenza regolata per una visione da 0 a 130 MHz; il segnale portante del trasmettitore è visibile appunto in corrispondenza ai 14 MHz e il livello viene regolato per un certo riferimento, nell'esempio a 90 dB sulla scala verticale (asse y) delle ampiezze.
Vediamo ora perchè la scala verticale sia tracciata in dB (decibel) anzichè in potenza assoluta (Watt).
Se il nostro trasmettitore emettesse 100 Watt e la prima armonica (punto d) avesse potenza di soli 100 microwatt, la visualizzazione diverrebbe impossibile. Quindi la scala della potenza è tracciata in dB, misura logaritmica, per cui ad ogni 10 dB corrisponde una potenza 10 volte inferiore alla precedente. Ecco perchè, essendovi una differenza fra il punto "a" raggiunto dalla portante e il punto "d" corrispondente alla prima armonica di 60 dB (90-30=60) la prima armonica sarà appunto di

100 : 10 = 10 per i primi 10 dB
10 : 10 = 1 per i secondi 10 dB ovvero per 20 dB
1 : 10 = 0,1 per i terzi 10 dB ovvero per 30 dB
0,1 : 10 = 0,01 per i quarti 10 dB ovvero per 40 dB
0,01 : 10 = 0,001per i quinti 10 dB ovvero per 50 dB
0,001 : 10 = 0,0001 ossia 100 μW/per i sesti 10 dB, ovvero per 60 dB

analogamente la seconda armonica (punto e) che si trova a 10 dB sotto la seconda in corrispondenza di 42 MHz, avrà una potenza di 100 μW: 10=10μW, la terza (punto f) di 10μW: 10=1μW, mentre per la settima armonica in corrispondenza di 98 MHz (14x7=98), essendo di frazioni di 10 dB dovremo ricorrere alla tavola in appendice
Essendo la settima armonica sotto di 3 dB rispetto alla terza armonica, sarà

1:1.995=0,5 μ W

La tavola in appendice fornisce la corripondenza fra decibel e i rispettivi

attenuazioni o amplificazioni sia in potenza che in tensione; basti comunque finora tenere in mente che:
10 dB corrispondono ad attenuazione, (o aumento) di 10 volte **per la potenza, per cui**

1 Watt — 10 dB = 0,1 W
1 Watt + 10 dB = 10 W

mentre 10 dB corrispondono ad attenuazione (o aumento) di 3,162 volte **per la tensione,** per cui

1 Volt — 10 dB = 1 : 3,162 = 0,3162 V
1 Volt + 10 dB = 1 x 3,162 = 3,162 V

3 dB corrispondono ad attenuazione (o aumento) di 1,995 volte **per le potenze** per cui

1 Watt —3 dB = 1 : 1.995 = 0,5012 Watt (quindi 3 dB corrispondono ad un dimezzamento di potenza)
1 Watt + 3 dB = 1 x 1,995 = 1,995 (quindi + 3 dB corrispondono ad un raddoppio di potenza).

mentre 3 dB corrispondono ad una attenuazione (o aumento) di 1,413 per le tensioni, per cui

1 Volt — 3 dB = 1 : 1,413 = 0,707 V
1 Volt + 3 dB = 1 x 1,413 = 1,413 V

Tenendo a mente queste due regole fondamentali, è possibile calcolare attenuazioni o guadagni in dB per ogni valore senza bisogno di ricorrere alle tavole in appendice.
Se per esempio vogliamo sapere quale potenza troveremo all'uscita di un amplificatore da 36dB al quale applichiamo una potenza di 0,01 Watt basterà procedere come segue:

0,01 x 10 = 0,1 W per i primi 10dB
0,1 x 10 = 1 W per i secondi 10 dB
1 x 10 = 10 W per i terzi 10 dB
10 W • 1,995 = 19,95 W = 33 dB
19,95 • 1,995 = 39,8 W = 36 dB

Sappiamo dunque senza ricorrere alle tavole che all'uscita del nostro amplificatore troveremo 39,8W.
La misura in dB anzichè in valore assoluto è indispensabile nelle strumentazioni elettroniche, come si è detto a proposito dell'analizzatore di spettro ed è utile perchè impostata in scala logaritmica; anche il nostro orecchio infatti risponde alla sensazione sonora in modo logaritmico: per avere la sensazione di un suono raddoppiato la potenza di quel suono dovrà aumentare di circa tre volte, anzichè due volte.
Per concludere la nostra analisi sull'immagine di spettro esemplificata in fig. 15-5, possiamo notare i due segnali spuri (punti "b" e "c") l'uno in corrispondenza dei 10 MHz, l'altro dei 20 MHz, quindi non in relazione armonica con la portante di 14 MHz. Il loro livello è di circa 80 dB sotto la portante e sono indice di eccessiva modulazione o di scarso filtraggio nell'alimentazione del trasmettitore, comunque le norme internazionali considerano tollerabili se-

gnali sia armonici che spurii quando abbiano potenze inferiori di **almeno 60 dB rispetto la portante.**

3) TIPI E PROFONDITA' DI MODULAZIONE (TIPI DI EMISSIONE)

Tutti i trasmettitori atti alla trasmissione di voce o suono debbono essere modulati.

Si impiegano due fondamentali tipi di modulazione: la modulazione in ampiezza, che comporta variazioni nella potenza emessa; e la modulazione di frequenza, che lasciando invariata la potenza, attua delle piccole variazioni in frequenza della portante, corrispondenti alle frequenze audio che si vogliono emettere.

Nella modulazione d'ampiezza sono ricomprese le modulazioni a banda soppressa (USB-LSB) mentre nella modulazione di frequenza è ricompresa la cosiddetta modulazione di fase, che praticamente comporta sempre variazione di frequenza.

Va anche subito ricordato che ogni variazione d'ampiezza comporta, sia pur in minima parte, variazione di frequenza (vedi fig. 15-3, per la quale, se anzichè modulare con frequenza di 1 kHz, modulassimo con 3 kHz, otterremmo bande laterali di frequenze diverse), come pure ogni variazione di frequenza comporta piccolissime variazioni d'ampiezza, dovute alla selettività dei circuiti accordati negli stadi del trasmettitore.

I due sistemi, ampiezza o frequenza, sono largamente usati nei trasmettitori e presentano le seguenti caratteristiche, come sotto schematizzate.

AMPIEZZA

A3E Telefonia a doppia banda laterale e portante completa; è quella usata dalla radiodiffusione in onde medie. Comporta un modulatore della stessa potenza dello stadio radiofrequenza, quindi dissipante notevole potenza. Offre come vantaggio una buona riproduzione del suono e una facile sintonia per la sua ricezione, ma presenta lo svantaggio di occupare un canale piuttosto ampio, ormai in disuso nelle stazioni amatoriali.

R3E Telefonia a banda laterale unica e portante ridotta; è quella usata in alcuni servizi marittimi; una delle due bande laterali, viene soppressa, utilizzando solo una banda, la superiore o la inferiore, si limita l'ampiezza del canale occupato.

La portante viene ridotta solo in parte per cui risulta ancora agevole la sintonia da parte della stazione ricevente.

J3E Telefonia a banda laterale unica e portante soppressa: è quella più usata dai radioamatori. Consente l'utilizzo della massima potenza di picco, come già descritto, e l'occupazione di una strettissima banda di frequenza, appunto quella occupata dalla sola banda laterale emessa. Comporta difficoltà nella sintonia da parte della stazione ricevente, in quanto, in assenza di modulazione, il segnale è nullo. È pure non eccellente la qualità dei suoni riprodotti e richiede grande stabilità in frequenza nei ricevitori ma è anche la più adatta ad operare in condizioni di segnali interferenti.

FREQUENZA

F3 Telefonia a portante modulata in frequenza; è la più usata sia nelle

stazioni di radioamatori operanti in VHF e UHF, che negli altri servizi operanti su frequenze elevate; il modulatore agisce direttamente sull'oscillatore del trasmettitore provocandone piccole variazioni in frequenza; è caratterizzata dalla misura della deviazione massima corrispondente alla massima modulazione. Solitamente essa è contenuta in ±5 kHz dal segnale della portante per cui viene occupata una banda di frequenza di 10 kHz minimi, per una fedele riproduzione dei suoni e delle voci, il che comporta una canalizzazione di almeno 25 kHz fra ogni emissione per evitare convenientemente interferenze.
Il grande vantaggio della riduzione di disturbi provocati da scariche elettriche, la facile sintonia e l'ottima riproduzione sonora, ne hanno fatto il tipo di modulazione più impiegata nelle bande di frequenza elevata dai 100 MHz fino ai GHz, inoltre il basso costo del modulatore e la poca energia richiesta per lo stesso non creano problemi d'alimentazione.
Non mancano tipi di modulazioni più complesse, e combinazioni fra modulazioni in ampiezza o in frequenza, e modulazioni multiple con frequenze modulanti diverse, ovvero modulazioni audio e di segnali impulsivi, basti pensare alle complesse modulazioni dei trasmettitori di programmi televisivi, che emettono contemporaneamente un segnale audio, in modulazione di frequenza, combinato con un segnale video modulato in ampiezza, e con degli impulsi di sincronismo che consentono l'aggancio dell'immagine negli apparecchi riceventi.
Un ampio quadro dei tipi di modulazione viene riportato nel capitolo relativo le Regolamentazioni; ci basti per ora evidenziare che la lettera:

A designa modulazione in ampiezza (A1 sola portante, telegrafia)
F designa modulazione in frequenza, o in fase
P designa modulazione ad impulsi

La profondità di modulazione è la percentuale di variazioni di potenza esercitata dal segnale audio sulla portante a radiofrequenza.
Una emissione di 100 Watt, se modulata al 100%, subirà delle variazioni in ampiezza di 100 Watt, per cui essa diverrà di 200 Watt o di zero Watt a seconda delle frequenze audio impiegate.

4) STABILITA' DI FREQUENZA

Sempre in merito alle caratteristiche elettriche e costruttive dei trasmettitori, notevole cura è sempre stata posta dai costruttori di impianti emittenti nel progetto e costruzione degli oscillatori, dal funzionamento dei quali dipende principalmente la stabilità di frequenza dell'intero apparato.
L'impiego di oscillatori ad induttanza-capacità può essere valido solo per frequenze molto basse, inquanto la stabilità di questi elementi è assai scadente: variazioni di temperatura, influenze di campi magnetici, variazioni anche minime nelle tensioni di alimentazione, comportano inevitabilmente variazioni in frequenza.
Un'importante risultato per ottenere una buona stabilità in frequenza è stato ottenuto, già con vecchi trasmettitori, grazie all'impiego del cristallo di quarzo come già descritto nel capitolo 13;
Il quarzo difatti risente pochissimo degli effetti nocivi cui vanno soggetti i circuiti ad induttanza-capacità ma presenta lo svantaggio di poter operare

su di una sola frequenza, ragion per cui mal si presta negli apparati amatoriali dove è necessario poter operare su varie gamme e su varie frequenze.

Fig. 15-6 Tipico schema a blocchi di un oscillatore a conversione di frequenza.

La ricerca costante della tecnologia nel progetto di circuiti che consentissero di contemperare l'esigenza di operare su vaste gamme di frequenza, con buone stabilità, ha portato a svariati circuiti, e attualmente due sistemi sono i più impiegati:

- il circuito a miscelazione (convertitore)
- il circuito ad aggancio di fase (phase loop loocked) di più recente attuazione, che consente stabilità entro i 100 Hz.

Il circuito oscillatore a miscelazione è schematizzato. In figura 15-6.
Esso è anologo a quello impiegato nella conversione dei ricevitori super eterodina: un oscillatore fisso a quarzo viene combinato con un oscillatore variabile ad induttanza-capacità, di frequenza molto più bassa e quindi molto stabile, la sintonia avviene agendo solo su quest'ultimo e si ottiene dal miscelatore la frequenza convertita.
Nell'esempio di fig. 15-6, si vede come, mediante un buon oscillatore variabile entro la frequenza di 0,5 MHz si possa sintonizzare una gamma di frequenza da 27 a 29 MHz grazie al miscelatore. In questo caso la stabilità di frequenza dipenderà dalla buona schermatura e dalla stabile alimentazione dell'oscillatore variabile.

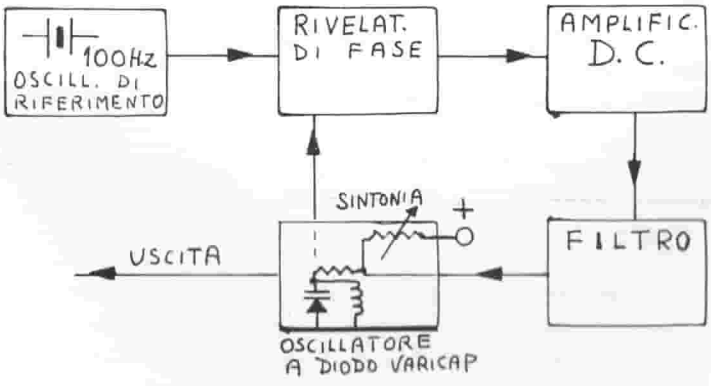


Fig. 15-7 Tipico schema a blocchi di oscillatore PLL.

• Migliori risultati si ottengono con i modernissimi circuiti PLL (phase loop locked), ormai diffusissimi grazie all'impiego dei circuiti integrati (più transistori e diodi contenuti in un unico circuito microminiaturizzato).
Il loro principio di funzionamento è schematizzato in fig. 15-7.
Anche in questo circuito un oscillatore a quarzo viene preso come riferimento, mentre per l'oscillatore variabile viene impiegato un diodo Varicap, il quale ha la possibilità di mutare capacità a seconda della tensione ad esso applicata. La sintonia avviene per tanto mediante una resistenza variabile che regola la tensione continua applicata al varicap.
Consideriamo il solo oscillatore variabile a varicap e supponiamo di sinonizzarlo alla frequenza di 145,530 MHz; la sua stabilità verrebbe influenzata da ogni sia pur minima variazione di temperature o di tensione, ma esso è combinato al rivelatore di fase nel quale è immesso il segnale dell'oscillatore di riferimento a 100 Hz. Fino a quando la frequenza dell'oscillatore a varicap rimane agganciata su di un'armonica di 100 Hz il rivelatore di fase non produce alcuna tensione, ma quando essa comincia a spostarsi dalla frequenza fissata il rivelatore di fase produce una tensione che, amplificata come tensione continua dallo stadio amplificatore DC, e opportunamente filtrata, viene ad intervenire sul Varicap riportando la frequenza al valore iniziale.
In tal modo la sintonia avviene per "scatti" di 100 Hz, non consentendo il rivelatore di fase frequenze intermedie a tale valore in quanto esse provocherebbero subito il suo intervento sottoforma di tensione continua atta a "correggere" quella fornita al Varicap.
Naturalmente se il quarzo dell'oscillatore di riferimento fosse di 1 kHz, anzichè di 100 Hz, otterremo "scatti" di sintonia di 1 kHz.
Grande vantaggio dell'oscillatore PLL è quello di generare una frequenza molto "pulita", cosa impossibile ad ottenersi con gli oscillatori a conversione, data la illinearità dei mixers, pertanto ne deriva una minore insorgenza di segnali spurii e armonici. Inoltre la sintonia mediante resistenza variabile comporta minimi problemi meccanici e d'ingombro.
Circa il funzionamento del rivelatore di fase, esso è il medesimo circuito impiegato nella rivelazione sui ricevitori per F.M. che tratterremo in dettaglio nel prossimo capitolo.
Abbiamo trattato sulle principali caratteristiche dei trasmettitori ed ora vediamo in un pratico esempio quali sono le caratteristiche fornite da una casa costruttrice per un suo apparato trasmittente.
Viene riportata la traduzione in inglese dato che molti manuali tecnici sono compilati in tale lingua.

Tipo di apparato Model	S AWTRON 55
Specifiche Generali General Specifications	1 - Sistema di emissione: frequenza unica Communication system: simplex 2 - Tipo di emissione: AM (A3) Emission system 3 - Spaziatura fra i canali: 10 kHz Channel spacing

4 - Gamma in frequenza: 27÷29 MHz
Frequency range
5 - Numero dei canali: 300
Channels
6 - Impedenza d'uscita: 50 Ω
Antenna impedence
7 - Alimentazione 13,8 V cc 3 A max
Power source
8 - Temperature tollerate: -20 C° ÷ + 60 C°
Environmental conditions

Specifiche del trasmettitore:
Transmitter specifications

1 - Potenza d'uscita: 5 W
R.F outpur power
2 - Stabilità di frequenza: +/- 100 Hz
Frequengy stability
3 - Massima modulazione: 100%
Maximum modulation
4 - Gamma di frequenze modulanti:
300 ÷ 4500 Hz
Modulation range
5 - Potenza su canale adiacente: minore di
Power on adjacent channel: less than
— 60 dB
6 - Potenza delle emissioni non volute:
minore di — 70 dB
Non essential radiation: less than

ICOM IC 781

Il transceiver per gli "eletti" SSB-CW-RTTY-FM-AM

Costituisce l'apparato più straordinario concepito sinora e che non ha imitazioni da nessun altro costruttore.
Le varie funzioni permettono di programmare, analizzare, registrare o richiamare una grande quantità di dati che in questo particolare modello sono visualizzati su un tubo catodico posto al centro del pannello frontale.
Similarmente ad un PC, sono a disposizione 2 "menu" operativi da cui si potrà successivamente "entrare" nelle funzioni operative prescelte che comprendono ben 15 rappresentazioni.
Ma l'aspetto più interessante è che il tubo catodico è adibito pure alla visualizzazione dei segnali AMTOR e PACKET, nonchè alla rappresentazione panoramica (dominio in frequenza) dei segnali nella banda prescelta con un'escursione di 50, 100 o 200 kHz. L'indicazione è logaritmica, il che, similarmente agli analizzatori di spettro, permette interessanti misure e comparazioni da 0 dB/μV in su, con 50 dB di dinamica. L'attenuatore da 10, 20, 30 dB in ingresso completa il sistema di misura.
Sono da annoverare inoltre le caratteristiche migliorate dal ricetrasmettitore "tipo" che si potranno riassumere con le voci più salienti.
I grafisti potranno avvalersi del manipolatore IAMBIC interno, del full Break In, della selettività da 250 kHz e del filtro audio di picco.
Come già accennato, il tubo catodico piano da 5" indica la frequenza del VFO A/B, le frequenze ed i modi operativi registrati in memoria, i limiti in frequenza per la ricerca, ecc.
Il software è stato elaborato in modo da provvedere 2 presentazioni di «menu» a 17 presentazioni operative diverse. La risoluzione delle lettere, numeri e simboli è molto dettagliata, il colore dominante è l'arancione.
Con una sequenza di campionamento e ritenuta si ottiene una presentazione panoramica dello spettro e l'escursione sull'asse X (frequenza) può essere impostata su 50 kHz, 100 kHz e 200 kHz. Ovviamente, nella prima posizione si potrà avere un'informazione più dettagliata sul segnale ricevuto. Essendo le ordinate tarate in dB, si potrà avere anche l'informazione sul livello ricevuto e comparare opportunamente.
Nel progetto del 781 si sono tenute presenti anche le necessità SWL o del «Broadcast Listener». Si ottiene in continuazione l'indicazione dell'ora locale oppure GMT (UTC), il temporizzatore interno potrà essere programmato nella versione SLEEP (per conciliare il sonno) oppure per avviare il registratore ad una certa ora su una certa frequenza su cui avviene il programma preferito. Va inoltre menzionata la funzione del «Dual Watch» vale a dire il controllo su due frequenze indipendenti impostabili a piacere, onde verificare la presenza di un corrispondente per lo sked, l'inizio di una emissione in genere, ecc.

Gamme operative:
Ricezione 100 kHz - 30 MHz.
Trasmissione 1.8-2 MHz; 3.4-4.1 MHz; 6.9-7.5 MHz; 9.9-10.5 MHz; 13.9-14.5 MHz; 17.9-18.5 MHz; 20.9-21.5 MHz; 24.4-25.1 MHz; 27.9-30 MHz.

ICOM

marcucci SpA
Scienza ed esperienza in elettronica
Via F.lli Bronzetti, 37 - Milano - Tel. 7386051

ESERCIZI SUL CAPITOLO 15

15-1 Lo stadio finale di un trasmettitore assorbe una potenza di 150 Watt; la potenza della radio frequenza misurata all'uscita dello stadio è di 120 W. Qual'è il rendimento percentuale dello stadio?

15-2 Un trasmettitore, come quello di fig. 15-1, senza alcuna modulazione, trasmette una portante di 7050 kc/s; producendo nel microfono un fischio corrispondente ad una modulazione di 2 kHz, che frequenze avranno le bande laterali che accompagneranno la portante?

15-3 Un trasmettitore emette su 7100 kc/s. A quale frequenza troveremo la prima e la seconda Armonica?

15-4 La potenza di uscita di un trasmettitore, misurata con un Wattmetro a termocoppia è di 70 Watt. Visualizzando l'immagine di spettro con un analizzatore, come in fig. 15-5, la prima armonica risulta attenuata di 30 dB rispetto la portante. Qual'è la potenza in Watt della prima armonica?; La seconda armonica risulta attenuta di 3 dB rispetto la prima: quale sarà la potenza della seconda armonica?

RISPOSTE

15-1 = 80%
15-2 = 7048 kHz la banda inferiore; 7052 kHz la banda superiore
15-3 = 14200 prima Armonica; 21300 kHz seconda Armonica.
15-4 = 70 mW, per la prima Armonica; 35 mW per la seconda Armonica.

CAPITOLO XVI ▸ Schemi a blocchi e descrizioni circuitali di apparati riceventi, trasmittenti, ricetrasmittenti

Come si è già visto qualsiasi apparecchio radioelettrico può essere descritto circuitalmente mediante un disegno che indichi con un semplice "blocco" ogni singolo circuito avente una determinata funzione.
Se infatti si fosse voluto disegnare per intero il trasmettitore illustrato in fig. 15-1, ne sarebbe risultato un complesso schema, completo di componenti e loro valori che avrebbe reso più difficile l'identificazione di ogni stadio.
In tutte le prove d'esame, trattando apparati elettronici, viene pretesa una descrizione "A blocchi", senza entrare nei dettagli circuitali salvo il caso che si tratti di circuiti particolarmente significativi alla comprensione del funzionamento dell'intero apparecchio.
Questo capitolo vuole trattare sinteticamente i principali apparecchi amatoriali, con brevissime descrizioni circuitali. Ognuna di tali descrizioni potrebbe essere assunta quale testo del vostro esame!

RICEVITORI

1) Ricevitori per segnali modulati in ampiezza e per segnali non modulati. (Ricevitore per AM e per CW)

È lo schema classico di ogni ricevitore super eterodina quali i normali ricevitori portatili per le onde medie, ai quali però manca solitamente l'oscillatore di battimento (BFO) che viene utilizzato per rendere udibili i segnali non modulati (telegrafia).
Si è supposto che il segnale da ricevere sia di 7.050 kHz su tale frequenza andrà sintonizzato lo stadio Amplific. R.F. che tuttavia potrebbe anche essere un amplificatore non sintonizzabile, che amplifica quindi tutti i segnali captati dall'antenna.

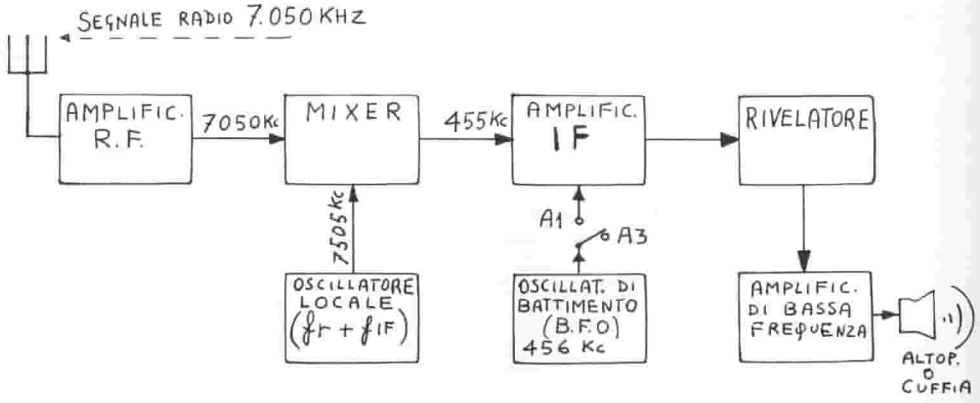


Fig. 16-1 Ricevitore per AM e per CW.

All'ingresso del Mixer troviamo quindi un segnale o un'intera gamma di segnali fra i quali comunque è presente il nostro a 7050 kHz che viene a miscelarsi nel mixer, con il segnale generato dall'oscillatore locale, che determina la sintonia, e che sarà regolato per 7050+455 = 7505 kHz. All'uscita del Mixer troveremo quindi il segnale originale convertito a 455 kHz, ma contenente la modulazione originaria. L'amplificatore IF provvede sia all'amplificazione del segnale che alla eliminazione di altri segnali di frequenze vicine, svolgendo la funzione di filtro IF e determinando la selettività del ricevitore.

Il rivelatore provvede ad eliminare la radiofrequenza consegnando allo stadio Amplific. BF la sola modulazione. I 455 kHz modulati che entrano nel rivelatore,vengono "raddrizzati" e filtrati, ottenendo che la sola modulazione ad essi sovrapposta raggiunga l'amplificatore BF e risulti quindi udibile in cuffia o altoparlante.

Qualora il segnale fosse esente da modulazione (come per la telegrafia ad interruzione di portante), si dovrà inserire l'oscillatore di battimento BFO, di frequenza molto vicina al valore di media; anche in questo caso dalla miscelazione dei due segnali risulterà un segnale di frequenza udibile; in altre parole con questo espediente si costruisce artificialmente la modulazione mancante al segnale ricevuto, onde renderlo udibile.

Per ogni dettaglio circuitale basterà riferirsi alle considerazioni sul ricevitore illustrato nel capitolo 13 (fig. 13-1 e 13-2)

2) Ricevitore per segnali modulati in ampiezza con portante ridotta o soppressa (ricevitori SSB)

I ricevitori per segnali SSB non si discostano di molto da quelli per telegrafia (CW).

Infatti già con il ricevitore illustrato in fig. 16-1 è possibile ricevere segnali SSB mediante l'opportuna regolazione della frequenza dell'oscillatore di battimento, accoppiato all'uscita dello stadio Amplific. iF, onde ripristinare l'assenza della portante e rendere udibile il segnale contenuto nella sola banda inferiore o superiore.

Nel ricevitore illustrato in fig. 16-2, appositamente previsto per la SSB, l'oscillatore di battimento è invece collegato ad un particolare rivelatore che provvede a miscelare i due segnali e a filtrarli successivamente.

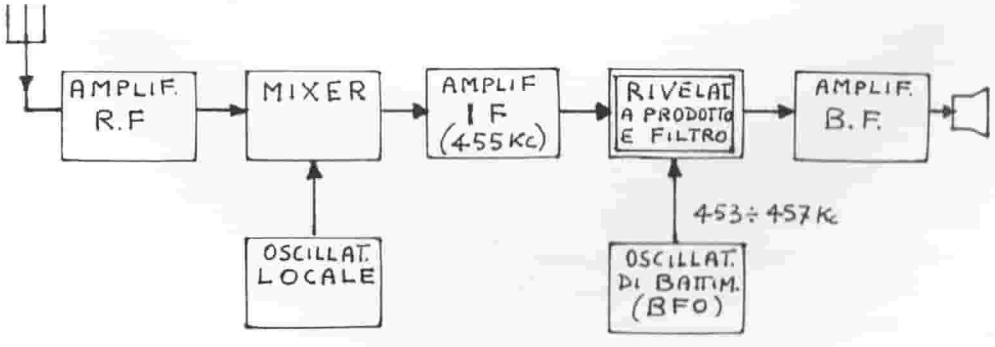


Fig. 16-2 Ricevitore per SSB

In figura 16-3 è riportato in dettaglio un tipico rivelatore a prodotto impiegante transistore.

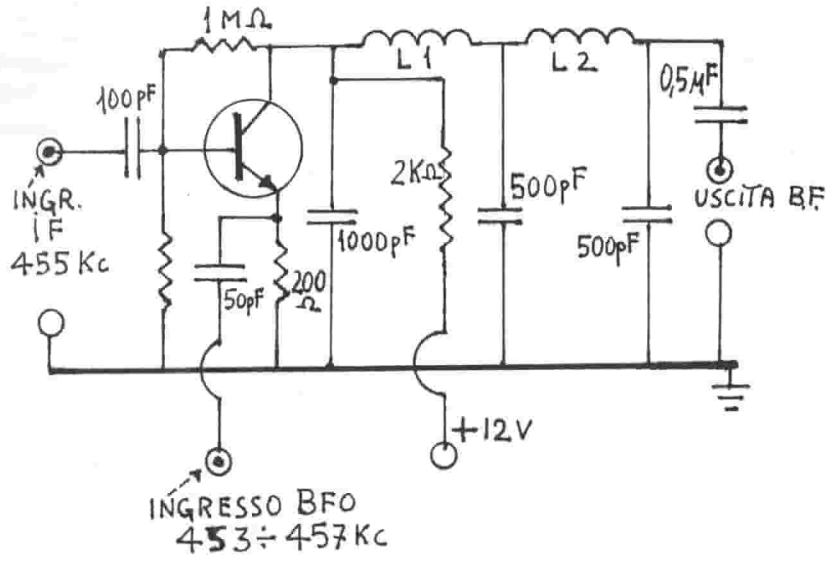


Fig. 16-3 Rivelatore a prodotto per ricezione di segnali SSB.

Il transistore si comporta come un normale diodo rivelatore per cui il segnale a 455 Kc presente in base si ritroverà "raddrizzato" in collettore, ma allo stesso segnale a 455 kHz si miscelerà quello dell'oscillatore BFO, opportunamente regolato per ottenere un segnale udibile "centrato" sulla banda che si vuol ricevere.
I condensatori da 500 pF e le bobine L1 L2 costituiscono il sistema filtrante che eliminerà dal segnale i residui di Radio frequenza.
Se il BFO viene spento il circuito si comporta da normale rivelatore AM - Naturalmente è possibile, con l'opportuna regolazione di frequenza del BFO ricevere segnali sia SSB che CW.
Per gli altri circuiti del ricevitore valgono le medesime considerazioni fatte per il ricevitore AM.

3) Ricevitore per segnali modulati in frequenza.

I ricevitori per modulazione di frequenza si differenziano da quelli per modulazione d'ampiezza per un unico particolare circuitale: anzichè il rivelatore impiegono il **discriminatore,** ossia un circuito che deve rimanere insensibile alle variazioni d'ampiezza, ma trasformare in variazioni di tensione le sole variazioni in frequenza contenute nel segnale ricevuto.
Lo schema a blocchi è quello di fig. 16-4 dal quale risulta evidente come gli stadi Amplif. RF, Mixer, amplificat. i F siano identici a quelli impiegati nei ricevitori d'ampiezza, anche se essendo i ricevitori FM normalmente operanti su frequenze elevate (tende VHF, UHF) va notato come il valore di media frequenza non sia più dei 455 kHz bensì sia scelto attorno ai 10,7 MHz; difatti la selettività di un filtro a 455 kHz non consertirebbe, anche se bassa, di accettare variazioni di frequenza di ±5 kHz necessarie al funzionamento del

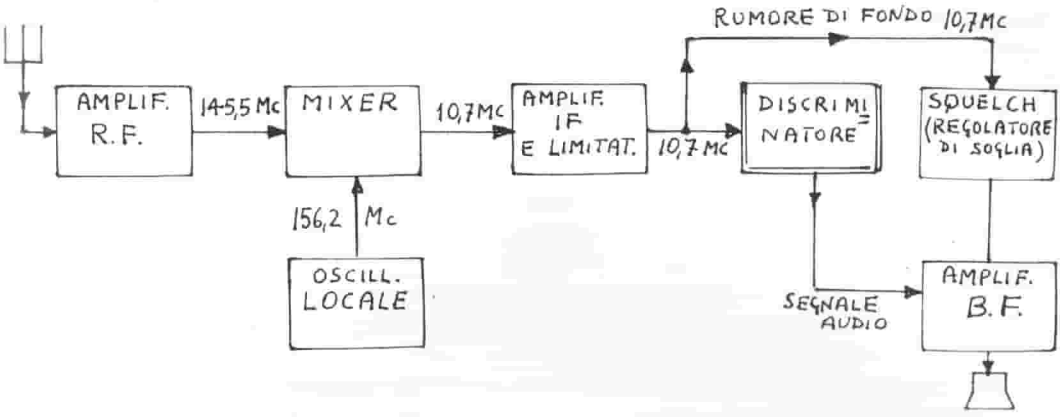


Fig. 16-4 Ricevitore per FM.

discriminatore; difatti minore è il valore di I.F. è più elevata risulta (a parità di Q dei circuiti accordati) la selettività dell'apparecchio.

I 10,7 Mc in uscita dallo stadio I.F. vengono applicati ad un discriminatore, il cui schema particolareggiato appare in figura 16-5.

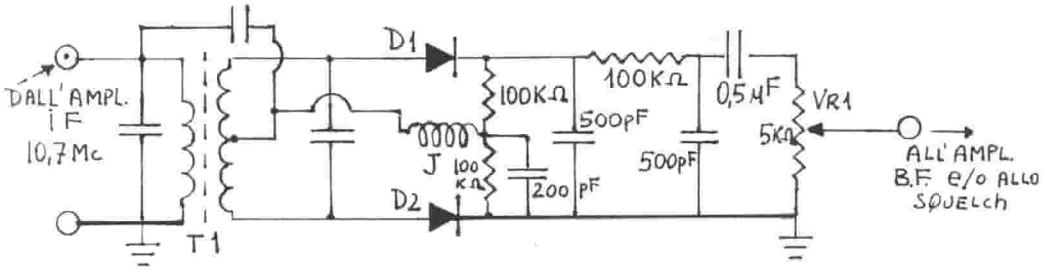


Fig. 16-5 Discriminatore FM.

Il segnale a 10,7 MHz applicato al primario del trasformatore T1, viene anche applicato ad una presa centrale del secondario: con questo sistema ogni variazione d'ampiezza viene rivelata sia da D1 che da D2, con uguale, segno, annullandosi. Difatti se colleghiamo un Voltmetro fra il catodo di D1 e la massa (catodo di D2) potremo constatare che aumentando il livello del segnale all'ingresso di T1 la tensione rimarrebbe comunque a Zero.
Variando invece la frequenza, si determina una variazione momentanea di fase fra la corrente nel primario di T1 e la tensione ai capi del secondario che verrà a scostarsi dai 90 gradi in misura tanto maggiore, quanto più alto sarà lo scostamento di frequenza, per cui sorgerà tensione fra i catodi dei due diodi, tensione appunto corrispondente alla modulazione.
Anche questa tensione viene opportunamente filtrata dalle capacità inserite nel circuito e prelevata dal cursore del potenziometro VR1 per essere immessa nell'amplificatore di bassa frequenza oppure nel circuito "Squelch" che serve appunto ad attivare lo stadio di bassa frequenza soltanto in presenza di segnale ricevuto.

Quest'ultimo circuito, lo Squelch è invero un interessante dispositovo che viene impiegato nei ricevitori FM sia VHF che UHF, anche se talvolta viene impiegato pure nei ricevitori AM.

Esso è un regolatore di soglia che, in assenza di segnale, tiene bloccato lo stadio amplificatore di bassa frequenza del ricevitore, il quale risulterà totalmente "muto" evitando all'ascoltatore il fastidioso fruscio presente per i rumori di fondo in qualsiasi apparato ricevente. Soltanto quando un segnale di una certa intensità viene rivelato dal discriminatore lo "Squelch" sbloccherà lo stadio di bassa frequenza; il segnale che attiva lo Squalch non viene di solito prelevato dall'uscita del discriminatore, bensì dall'uscita dell'ultimo stadio I.F..
Infatti in assenza di segnale troveremo un forte rumore di fondo su questo punto che viene appunto sfruttato per far agire lo Squelch.

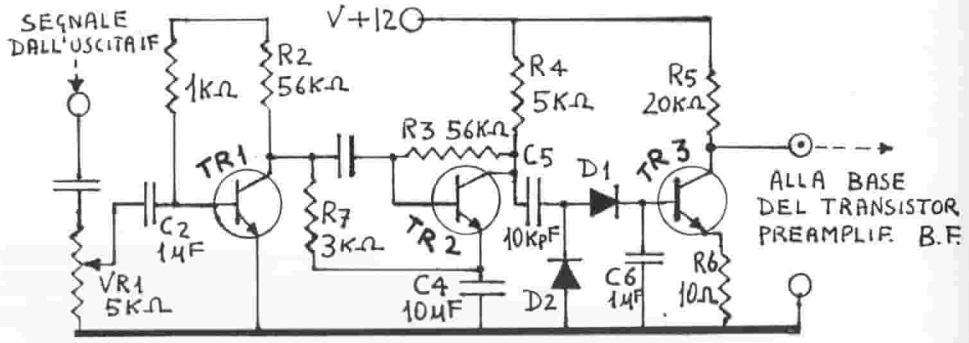


Fig. 16-6

Il circuito tipico è quello di fig. 16-6. I transistori TR1 e TR2 amplificano il segnale prodotto dal rumore di fondo, regolato da VR1 per la soglia più opportuna. Il segnale viene quindi raddrizzato e commutato in tensione continua dai diodi D1, D2 e C6 per cui la base del TR3 risulta polarizzata, il transistore conduce e sul suo collettore troveremo una tensione bassa che provocherà l'interdizione della base del transistore preamplificatore di bassa frequenza. In assenza di rumore di fondo dallo stadio I.F., dovuto alla presenza di segnale utile, il TR3 risulterà interdetto e di conseguenza la tensione al suo collettore aumenterà portando in normali condizioni di lavoro il transistore preamplificato B.F.. Supponiamo infatti che R5 presenti un valore di 20 kΩ e che TR3 in conduzione abbia una Ic=0,5 mA.
Se la tensione VB= 12 Volt avremo un collettore una tensione di 12- (20.000x0,0005)=2 Volt, mentre se TR3 non conduce avremo sul collettore i 12 Volt con cui, mediante un opportuno partitore, il transistore di bassa frequenza verrà portato in condizione di lavoro.
Un'ultima considerazione sui ricevitori per FM: poichè è essenziale che lo stadio I.F. presenti al discriminatore un segnale esente da variazioni in ampiezza, questo stadio generalmente e progettato per una amplificazione molto più alta che gli analoghi stadi I.F. nei ricevitori per modulazione d'ampiezza. Inoltre esso dispone del cosidetto circuito limitatore che

provvede a livellare i segnali troppo forti onde mantenerne costante l'ampiezza.

CARATTERISTICHE ESSENZIALI DEI RICEVITORI

Così come una vettura è caratterizzata da alcune qualità essenziali: massima velocità su strada piana, massima portata di carico ecc. un apparecchio radio ricevente è caratterizzato da alcune qualità essenziali che possono così riassumersi:

a) sensibilità
b) selettività
c) intermodulazione
d) fedeltà e potenza d'uscita.

a) **sensibilità:** È la caratteristica più rilevante, ed è definibile come l'attitudine di un ricevitore a captare segnali a radiofrequenza di debolissima ampiezza. Più è alta la sensibilità di un ricevitore, più esso è adatto a ricevere segnali deboli!
Normalmente le case costruttrici forniscono due diverse indicazioni per la sensibilità degli apparecchi da loro prodotti:
la sensibilità per la soglia di rumore, detta in inglese "noise floor" e la sensibilità per 12 dB sopra il rapporto:

$$\frac{\text{segnale} + \text{rumore}}{\text{rumore}}$$

Se noi accendiamo un ricevitore senza sintonizzarlo su alcuna stazione udiremo comunque un rumore di fondo in altoparlante o in cuffia, alla sua uscita.
Tale rumore è dovuto alle innumerevoli piccole scariche atmoferiche presenti nell'etere e agli stessi rumori prodotti dai tubi o dai transistor dei vari stadi d'amplificazione.
Nell'etere è comunque presente un rumore costante avente valore di circa 0,1μV, il che significa che segnali trasmessi che giungano al ricevitore sotto tale ampiezza rimangono "coperti" nel rumore di fondo e quindi non ricevibili ancorchè il ricevitore disponesse di sensibilità elevatissima. Se prendiamo ad esempio il nostro ricevitore di fig. 16-1 e applichiamo alla sua antenna un segnale di ampiezza 0,1μV non otterremmo alcun suono apprezzabile alla sua uscita. Aumentando progressivamente l'ampiezza del segnale, potremmo notare ad esempio che, per un valore di 5μV comincia a rendersi udibile un segnale in grado di sovrastare il rumore.
Diremo allora che il "noise floor" del nostro apparecchio è appunto di 5μV.
Aumentando ancora il segnale, potremmo notare che il rumore viene completamente sovrastato divenendo il segnale rivelato circa 10 volte più potente dello stesso rumore, per una ampiezza applicata all'antenna ad esempio di 25μV: diremo così che il nostro ricevitore dispone di una sensibilità:

$$\left(12\ \text{dB}\ \frac{S + \text{rumore}}{\text{rumore}}\right)$$ di 25μV (sensibilità utile).

I moderni ricevitori professionali dispongono, ormai quasi tutti di sensibilità utili migliori di 1μV; in essi solitamente la sensibilità è riducibile a piacere dell'operatore, grazie a circuiti di controllo sugli stadi amplificatori di radio frequenza o di frequenza intermedia.

b) **selettività:** È l'attitudine del ricevitore a ricevere soltanto la frequenza sintonizzata, eliminando segnali di frequenze vicine. Più propriamente la selettività viene chiamata "banda passante" del ricevitore, ed è la banda, espressa in KHz, ai cui estremi il segnale diminuisce in ampiezza di circa 3 dB (viene, in altre parole, a dimezzarsi in ampiezza).
Sempre assumendo ad esempio il ricevitore di fig. 16-1, ricevendo un segnale costante sulla frequenza sintonizzata di 7050 KHz potremmo regolare il volume per un ascolto in altoparlante di 0,5 Watt.
Desintonizzando il ricevitore potremmo notare che il volume cala a 0,25 Watt per i valori di frequenza 7045 e 7055 KHz; diremo allora che la selettività del nostro apparecchio è (7055-7045) = 10 KHz.
La selettività è sovente fornita come curva, indicante l'attenuazione per diversi valori di frequenza, analogamente alle curve di risposta rilevabili per qualsiasi circuito risonante.
Una curva di risposta ideale dovrebbe presentare dei fianchi ripidissimi, indipendentemente dalla larghezza della banda passante. Infatti non sempre è opportuno che la banda passante sia strettissima in quanto i segnali modulati abbisognano di una banda sufficiente per la modulazione (9 KHz per modulazione d'ampiezza; 2,4 kHz per modulazione SSB; 10 kHz per la deviazione in FM). soltanto per la ricezione di segnali telegrafici (CW) è utile una banda strettissima, in grado di eliminare segnali interferenti anche di frequenze vicinissime. Molti ricevitori dispongono di comando "selettività" in grado di regolare la selettività, a secondo delle modulazioni che si vogliano ricevere.
Tali circuiti agiscono solitamente sullo stadio a frequenza intermedia (if) inserendo dei filtri aventi fattore di merito (q) tanto più elevato quanto maggiore sia la selettività richiesta.

c) **Intermodulazione:** con tale termine generico si esprime solitamente la capacità del ricevitore a non rimanere influenzato da segnali di grande ampiezza aventi frequenze diverse da quella sintonizzata.
Va sottolineato che il termine è generico, in quanto ricomprende varie misure da effettuarsi sul ricevitore: attenuazione delle frequenze immagine, silenziamento ai segnali forti, resistenza a modulazioni incrociate, protezione dai campi elettrici, etc.
Per restare ad un esempio pratico potremmo sintonizzare il nostro ricevitore di fig. 16-1 sulla frequenza 7050 KHz e ricevere un segnale di 10μV; applicando contemporaneamente alla sua antenna un segnale di frequenza lontana da quella sintonizzata ed aumentando progressivamente l'ampiezza di tale segnale, noteremo ad un certo punto che tale segnale non sintonizzato viene ad influenzare il ricevitore, fino a disturbare la ricezione o addirittura a

silenziare l'apparecchio. Il rapporto fra l'ampiezza del segnale interferente e l'ampiezza del segnale sintonizzato all'apparire dell'effetto interferente è la misura dell'intermodulazione, solitamente espressa in dB.
Se nel nostro caso il segnale interferente si fosse manifestato all'uscita del ricevitore per un valore d'ampiezza applicata all'antenna di 1000 μV potremo calcolare che l'intermodulazione del nostro apparecchio è data da:

$$20 \text{ Log.} \frac{1000}{10} = 40 \text{ dB}$$

In ricevitori di buona qualità si raggiungono valori di intermodulazione superiori a 50 o 60 dB e tale caratteristica è di notevole importanza quando tali apparecchi operino in zone affollate da radiofrequenze o in prossimità di potenti emissioni in grado di causare fenomeni di saturazione in ricevitori non particolarmente curati nella loro progettazione circuitale.

d) **Fedeltà e potenza d'uscita.**
La fedeltà di un ricevitore è la sua attitudine a riprodurre fedelmente la modulazione contenuta nel segnale a radiofrequenza captato, senza che esso venga riprodotto all'uscita dell'apparecchio con distosioni, ronzii, o attenuazione di alcune note ad audiofrequenza.
La fedeltà non va confusa con la gradevolezza del suono. Un ricevitore fedele deve riprodurre il segnale come dalla modulazione in esso contenuta, anche se sgradevole all'orecchio.
I famosi circuiti di equalizzazione, di attenuazione toni etc, usatissimi nei complessi ad alta fedeltà, vanno tutti a scapito della fedeltà stessa in quanto servono soltanto a rendere il suono più gradevole.
Nei ricevitori per comunicazione telefonica la fedeltà non riveste grande importanza, anzi si preferisce progettare i loro amplifcatori audio per una buona ricezione del solo campo d'audiofrequenze necessario alla voce umana (300÷2000 Hz); del resto la ricezione di segnali SSB, data la stretta banda impiegata, non si presta a fedeltà notevoli.
Ottime fedeltà si ottengono infatti nei ricevitori a modulazione di frequenza, la banda passante dei quali è piuttosto ampia.
Circa la potenza audio, essa dipende dalla progettazione dello stadio amplificatore di bassa frequenza del ricevitore, e quindi dalla potenza utilizzabile dai tubi o transistor impiegati in tale stadio.
Solitamente un buon ascolto in altoparlante è ottenibile con potenze di circa 1 Watt, o anche minori, mentre per un ascolto in cuffia è sufficiente una potenza di pochi milli Watt.
Altre caratteristiche particolari dei ricevitori sono: la stabilità di funzionamento in funzione alle temperature ambientali, la resistenza a sollecitazioni meccaniche, le tensioni limite d'alimentazione, la protezione dai disturbi prodotti da altri utilizzatori elettrici, per la quale è necessario che il ricevitore sia dotato di adeguate schermature e di circuiti protettivi e filtranti.
Va rammentato come recenti normative tecniche impongano caratteristiche

di protezione contro i disturbi e di immunità agli stessi anche per ricevitori di comune impiego. (D.M. 25 Giu. 1985; G.U. n. 171 del 22/7/85).

TRASMITTENTI

1) Trasmittente per sola telegrafia (CW)

Il più semplice trasmettitore è quello per i soli segnali telegrafici; esso deve infatti trasmettere una portante pura allorquando viene abbassato il tasto di manipolazione.

I primi radioamatori erano soliti costruirsi il trasmettitore con una sola valvola, in pratica si trattava di un oscillatore accordato all'antenna con opportuni sistemi, ma attualmente si ricorre ad almeno due stadi, l'oscillatore vero e proprio, e l'amplificatore finale che, oltre a consentire l'utilizzo di maggiori potenze, consente una migliore stabilità all'oscillatore, non caricato dall'antenna.

Lo schema a blocchi è quello di figura 16-7.

L'oscillatore può essere a quarzo, ma in tal caso operante sulla sola frequenza per la quale il quarzo è tagliato, oppure a circuito accordato LC, ovvero a PLL, secondo il più moderno sistema.

L'oscillatore entra in funzione quando viene abbassato il tasto e il suo segnale, che potrebbe venir applicato direttamente ad un sistema d'antenna, viene immesso in un amplificatore di potenza a radio frequenza che provvede ad amplificarlo e a consegnarlo all'antenna per l'irradizione.

L'oscillatore, visto come blocco singolo è già da solo un piccolo trasmettitore; può erogare una potenza anche bassissima ma deve essere costruito in modo tale da garantire la massima stabilità in frequenza: a tal fine viene particolarmente curata sia l'alimentazione dello stadio, che la scelta dei componenti e la disposizione meccanica del circuito.

Se infatti, anzichè erogare un segnale sinusoidale puro, l'oscillatore presenta componenti da correnti alternate per cattivo filtraggio d'alimentazione, esse verrebbero amplificate dello stadio successivo e si tradurrebbero in una portante "sporca" all'antenna!

L'amplificatore a radiofrequenza di potenza, detto comunemente amplificatore finale ha il compito di aumentare la potenza del segnale immessogli dall'oscillatore, fino ad un livello di potenza voluto prima di essere immesso all'antenna.

Le potenze degli amplificatori finali variano da qualche centinaio di milliwatt per i più piccoli trasmettenti portatili, a qualche decina di Watt per gli apparati amatoriali, mentre apparecchi trasmittenti per grandi stazioni dispongono di amplificatori finali con potenza di diversi Kilowatt.

Teoricamente non c'è limite alla potenza che può esser emessa, mentre limite esiste, com'è noto per il livello di segnale che può essere ricevuto, determinato dal rumore di fondo presente in diversi livelli su tutto lo spettro di frequenza.

Come si è detto nel cap. 15 (vedi figura 15-4) l'amplificatore finale può esser

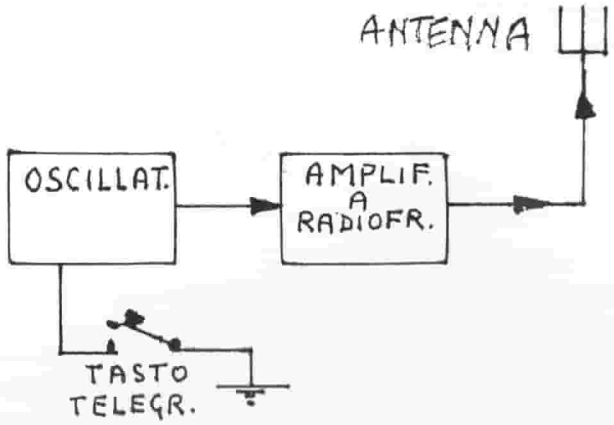


Fig. 16-7 Trasmittente per CW (telegrafia).

preceduto, o può esser esso stesso accordato, su di una armonica dell'oscillatore, ottenendosi in tal modo una moltiplicazione di frequenza, molto utile nei trasmettitori amatoriali dove le bande assegnate sono appunto in relazione armonica (3,5; 7; 14; 21; 28 MHz).

2) Trasmittente per modulazione d'ampiezza a banda intera

Al semplice trasmettitore per segnali telegrafici, illustrato a blocchi in fig. 16-7, viene aggiunto uno stadio modulatore per ottenere un'emissione modulata in ampiezza.

La modulazione viene portata nell'amplificatore finale a radiofrequenza in modo tale da influire sull'alimentazione dello stesso; in pratica la tensione di alimentazione (in corrente continua) applicata allo stadio finale a radio frequenza viene aumentata e diminuita seguendo l'andamento del segnale audio prodotto del microfono e amplificato apportunamente del modulatore: con ciò si ottengono appunto variazioni dell'ampiezza (della potenza) del segnale emesso.

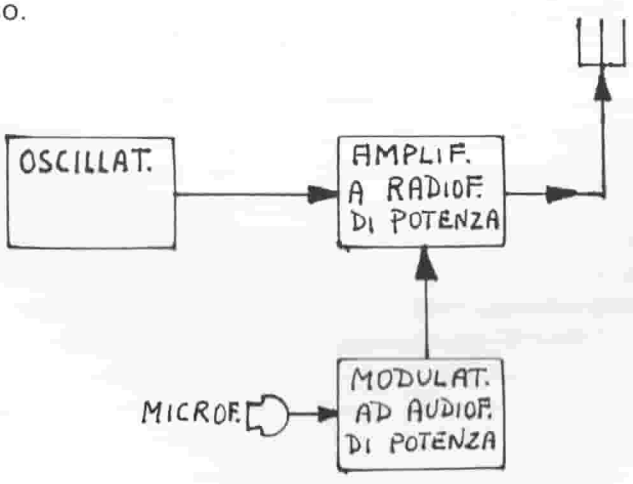


Fig. 16-8 Trasmittitore per AM.

I modulatori di questo tipo sono in genere costituiti da uno stadio preamplificatore microfonico che eleva la debolissima tensione prodotta dal microfono; e quindi dallo stadio amplificatore di potenza, che deve essere in grado di fornire una potenza audio circa pari alla potenza a radiofrequenza del trasmettitore; ottenendosi solo così percentuali di modulazioni del 100%.
Modulatori più economici, che consentono percentuali di modulazioni inferiori al 100% possono venir applicati in modo da controllare l'ingresso, anzichè l'uscita, dell'amplificatore a radio frequenza, ma in tal modo possono introdursi modulazioni spurie dovute alla non linearità dell'amplificatore stesso.
A differenza degli amplificatori audio per riproduzioni di suono, complessi per alte fedeltà, i modulatori per trasmettitori non curano troppo la fedeltà di riproduzione; anzi sono in genere dotati di filtri ad audio frequenza in grado di esaltare le sole frequenze vocali (300÷900 Hz) attenuando tutte le altre; con ciò si ottiene una diminuzione dei rumori ambientali e l'occupazione di una banda di frequenza più ristretta.

3) Trasmittente per modulazione d'ampiezza a banda soppressa (SSB)
In campo amatoriale il sistema di modulazione a banda intera è quasi totalmente scomparso, dati i vantaggi offerti dalla modulazione SSB.
Il modulatore SSB è inoltre più economico di quello per AM e consente un minor consumo d'energia dell'intero trasmettitore, dato che in assenza di modulazione, non viene irradiata radio frequenza; inoltre la più ristretta banda occupata è meno soggetta ad essere interferita e permette l'impiego di un ricevitore maggiormente selettivo rispetto a quelli previsti per la AM.
Empiricamente si può dimostrare che una emissione SSB, ai fini del rendimento, dà un guadagno di 9 dB rispetto ad una emissione AM; vale a dire che un trasmettitorino da 50 Watt modulato in ampiezza, se modulato in SSB rende come se i 50 Watt diventassero 400.
Solo alle emissioni in telegrafia (portante pura) può essere attribuito un rendimento maggiore della SSB, inquanto l'occupazione di banda può ridursi teoricamente a poche decine di Hertz, contro i circa 2 kHz indispensabili per una modulazione di tipo SSB.
La fig. 16-9 illustra un tipico schema a blocchi di trasmettitore SSB, che a titolo esemplificativo, è adatto ad operare nella banda 14-14,5 MC.
Troviamo come primo generatore di segnale un oscillatore, costituito di solito da un solo transistore o da una sola valvola, la cui frequenza fissa è determinata dalla scelta di uno fra i due quarzi, di valore prossimo alla frequenza prescelta dal filtro in uso, nel nostro caso 9 MC; la scelta del quarzo determina l'emissione in USB ("upper sideband" ossia banda superiore) oppure in LSB ("lower sideband" ossia banda inferiore).
Il segnale generato alla frequenza del quarzo scelto viene introdotto nel modulatore bilanciato: esso è il cuore del trasmettitore SSB. In esso viene anche, immesso il segnale audio; opportunamente amplificato, generato dal microfono. Caratteristica essenziale del modulatore bilanciato è di non lasciar passare il segnale a radio frequenza in assenza di modulazione.

Quindi, solo immettendo un segnale audio nel mixer bilanciato avremo alla sua uscita un segnale composto da due bande: se ad esempio produciamo nel microfono un segnale audio di 1,5 kHz e usiamo nell'oscillatore il quarzo X1 avremo all'uscita dei mixer un segnale composto da 8998,5 + 1,5 = 9 MC e da 8998,5 - 1,5 = 8997 MHz; poiché il filtro a 9 MHz è dimensionato per una banda passante molto stretta, potrà transitarvi soltanto il segnale più prossimo ai 9 MHz, e pertanto avremo il segnale corrispondente alla banda superiore. Vedi Fig. 16-10 A.

Se invece il quarzo prescelto nell'oscillatore è X2 avremo all'uscita del mixer un segnale composto da 9001,5+1,5=9003 e da 9001,5—1,5=9MC, e in questo caso transiterebbe solo il segnale corrispondente alla banda inferiore.

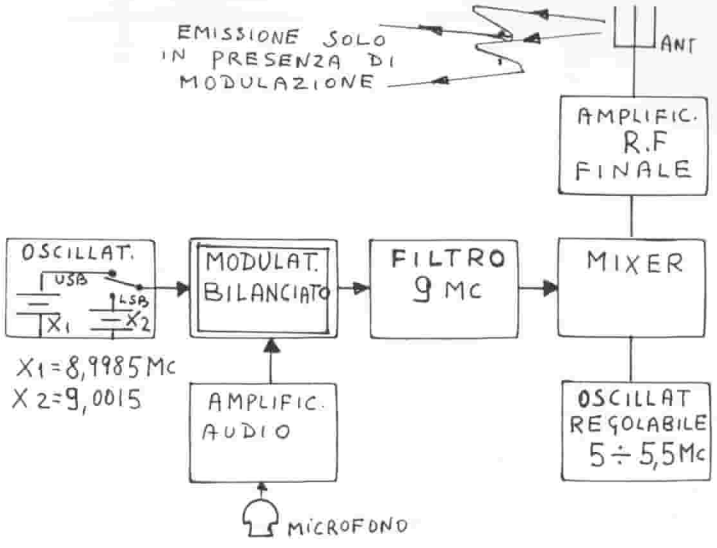


Fig. 16-9 Schema a blocchi di trasmettitore SSB.

Come opera il modulatore bilanciato? La fig. 16-10 offre uno schema dettagliato di un tipico modulatore, assai semplice, nel quale il transistore Q1 opera da amplificatore audio per il segnale microfonico, mentre il vero modulatore bilanciato è compreso nel riquadro tratteggiato.

In assenza di modulazione il segnale a circa 9 MC, bilanciato dalla resistenza variabile Rv1 raggiunge con eguale fase ed ampiezza i punti A e B del ponte di diodi e viene praticamente posto a massa dai diodi D2 e D4 per cui nulla transiterà nel trasformatore T1.

Quando invece i diodi D1 e D3 vengono influenzati da un segnale audio, entrando in conduzione, provocano uno sbilanciamento anche nella conduzione dei diodi D2 e D4 percorsi dalla radio frequenza, sbilanciamento che sarà ovviamente proporzionale alla profondità della modulazione e alla sua frequenza. Pertanto, durante la modulazione le due bande saranno presenti su T1 e presentate quindi al successivo filtro da 9 MC.

Il filtro da 9MC, come si è detto presenta una banda piuttosto stretta, attorno

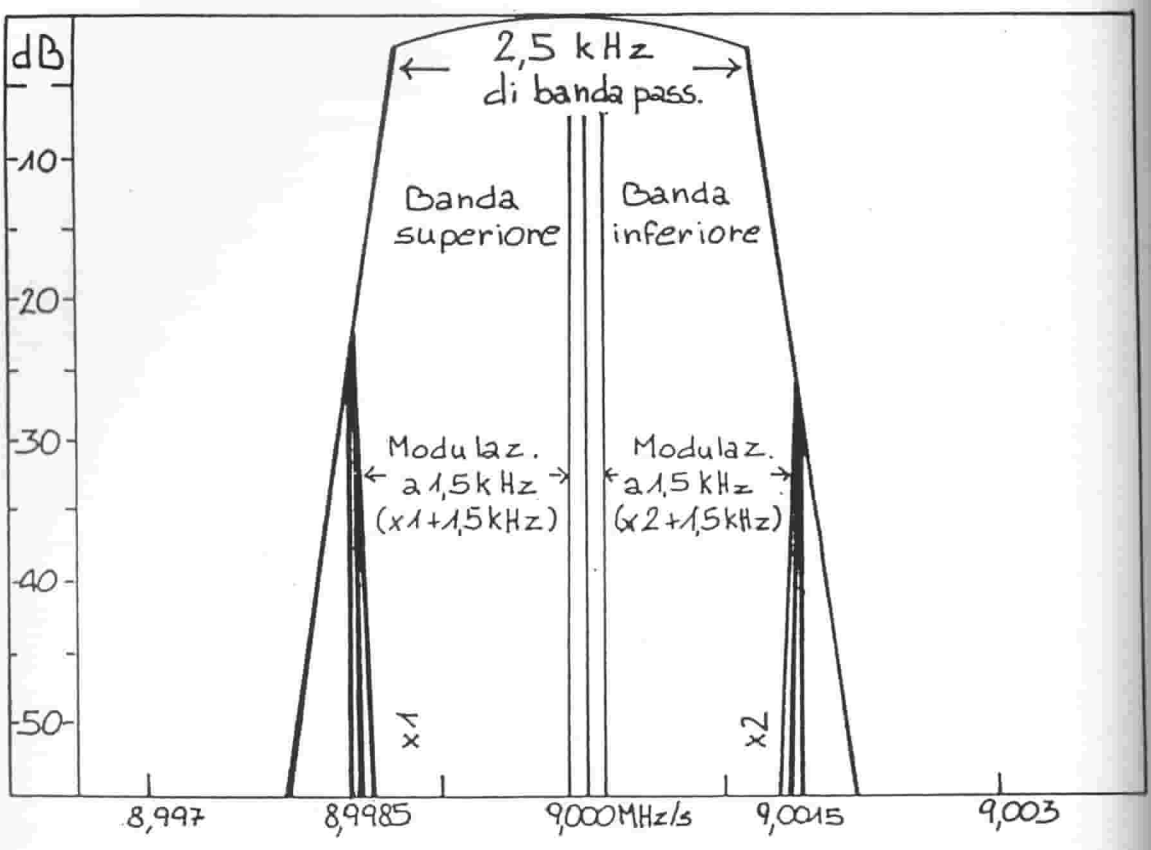


Fig. 16-10A: caratteristica curva di attenuazione del filtro per SSB

PER INTEGRARE MAGGIORMENTE L'ESSERE RADIOAMATORE, ACQUISTATE ANCHE IL:

CORSO DI TELEGRAFIA

ad uso degli aspiranti alla patente di radioamatore e al brevetto internazionale curato dallo stesso autore del libro "La patente di Radioamatore"

Disponibile presso: **EDITOR i. e. sas** - via Mazzini, 14 - 24034 Cisano B.sco
e presso i migliori distributori di letteratura scientifica e radioamatoriale.

TRE CASSETTE IN ELEGANTE CUSTODIA PIU' OPUSCOLO ESPLICATIVO

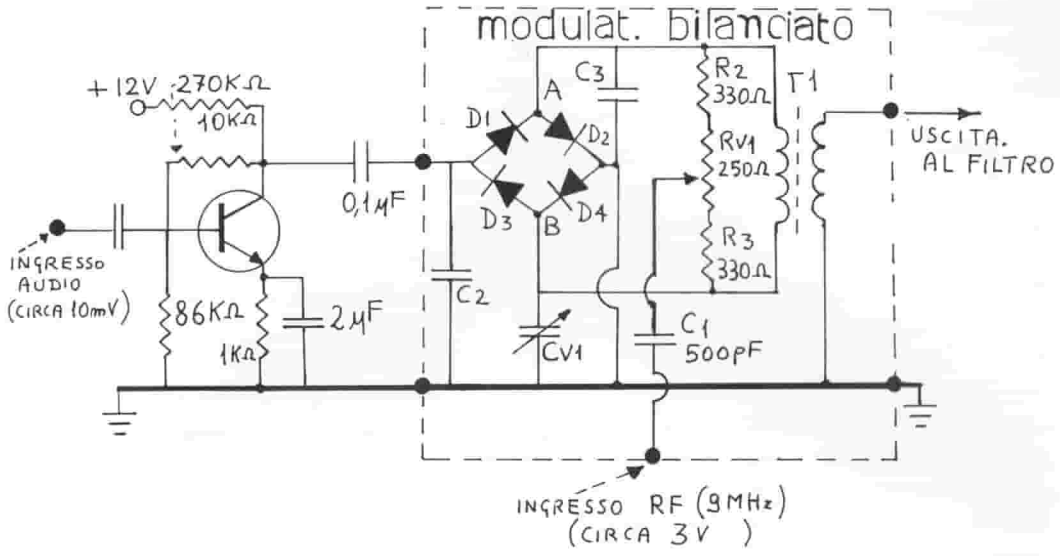


Fig. 16-10 Schema dettagliato di modulatore bilanciato.

ai 2 k, per cui è solitamente costituito da una serie di cristalli o da una combinazione di cristalli e induttanze-capacità onde ottenere una bassa attenuazione nella banda modulata e una attenuazione elevata per la frequenza appena fuori da essa: generalmente tali filtri offrono attenuazione di 3 dB entro la banda di 2,5 kHz a di oltre 30 dB per la banda di 3,5 kHz. Poichè la modulazione fonica rimane compresa nel campo 0,2÷1,2 kHz, i 2,5 kHz di larghezza consentono il passaggio di tutte le modulazioni vocali, ovviamente non di modulazioni in alta fedeltà, per le quali sarebbe necessario arrivare ai 16 kHz.

Il segnale modulato, in uscita dal filtro, viene dunque inserito nel mixer al quale è anche applicato il segnale generato da un oscillatore regolabile, nel nostro esempio da 5 a 5,5 MHz.

Il mixer funziona in modo identico a quello descritto per i ricevitori: il battimento fra il segnale proveniente dal filtro (9 MC) e il segnale dello oscillatore regolabile produrrà un segnale di 9+5= 14 MC, oppure 9+5,5=14,5 MC a secondo della sintonia data all'oscillatore regolabile. Naturalmente sarà anche presente la frequenza data dal battimento 9-5=4 MC che però viene eliminata dallo stadio filtrante dell'amplificatore finale R.F.

L'amplificatore finale R.F. nel quale viene immesso il segnale a 14 MHz dal mixer consegnerà radio frequenza all'antenna, in corrispondenza di una sola banda modulata, la superiore o la inferiore a seconda del quarzo selezionato nell'oscillatore, e soltanto in presenza di modulazione; in tal modo la potenza complessiva assorbita dallo stadio finale risulta molto inferiore a quella che si renderebbe necessario per una modulazione a doppia banda laterale (AM).

4) Trasmittente per modulazione di frequenza (FM)

Il trasmettitore a modulazione di frequenza si differenzia da quello a modulazione d'ampiezza per l'introduzione della modulazione, che anzichè avvenire nello stadio finale R.F., viene applicata allo stesso oscillatore in modo appunto da farne deviare la frequenza di qualche kilohertz in relazione alla modulazione microfonica.

La modulazione (deviazione) di frequenza comporta necessariamente anche una variazione di fase nella corrente circolante nell'oscillatore, sia esso a valvola o a transistore, per cui questo tipo di modulazione viene talvolta chiamata "modulazione di fase".

La fig. 16-11 illustra lo schema a blocchi di un trasmettitore FM, composto da un oscillatore, al quarzo sul quale, è stato posto in parallelo un diodo. La funzione di questo diodo è quella di un condensatore la cui capacità varia a seconda della tensione ad esso applicata; poichè tale tensione viene modulata dal segnale proveniente dallo stadio modulatore, ne deriva che la capacità del diodo varierà a seconda della modulazione e conseguentemente varierà la frequenza di oscillazione del quarzo.

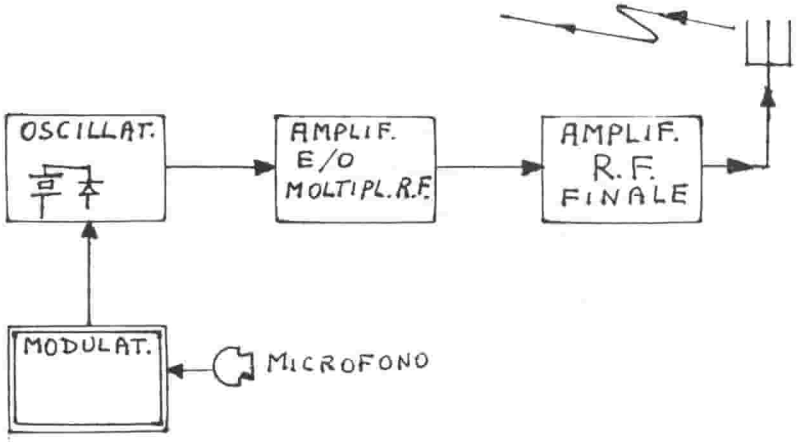


Fig. 16-11

Se ad esempio il quarzo oscilla a 20 MC; incrementando di 3 picofarad la capacità del diodo, la frequenza diminuirà di un certo valore, portandoli ad esempio a 9,999 MC.

Analogamente, diminuendo di 3 pF la capacità del diodo, la frequenza aumenterà portandosi a 20,001 MC.

Possiamo dire quindi che modulando con un segnale di bassa frequenza la tensione applicata al diodo, otteniamo delle corrispondenti deviazioni nella frequenza generata dall'oscillatore.

L'oscillatore presenta quindi al successivo stadio amplicatore e moltiplicatore (accordato in armonica) una frequenza deviata di +/-1 kHz.

Ritroveremo tale frequenza all'uscita dello stadio amplificatore e moltiplica-

tore, con ampiezza opportunamente elevata e con valore determinato dalla moltiplicazione dello stadio. Se ad esempio si tratta di un triplicatore esso darà in uscita una frequenza di 60 MC, deviata con +/-3 kHz.
Applicando tale segnale allo stadio amplificatore finale R.F. otteremo in antenna una portante modulata in frequenza (e in fase); con ampiezza costante ma con deviazione +/-3 kHz o con la deviazione determinata dal modulatore.

Va precisato che i sistemi per intervenire sull'oscillatore al fine di farne deviare la frequenza sono numerosi: alcuni intervengono, come nella nostra descrizione, sullo stesso quarzo oscillatore, variandone la capacità; altri operano sui circuiti induttivi-capacitivi o sul PLL (phase loor-locked) (vedi figura 15-7), altri ancora intervengono sulla fase del segnale R.F. provocando in pratica piccole variazioni di sintonia, come nel circuito di fig. 16-12 che illustra in dettaglio un semplice modulatore di fase che funziona appunto provocando piccole "desintonie" nella R.F. proporzionali al segnale ad audio frequenza.

Dall'ampiezza del segnale audio dipende la deviazione provocata nella radio frequenza: il modulatore di un trasmittente FM ha il vantaggio di richiedere potenze irrisorie. Nel circuito di fig. 16-12 la radio frequenza proveniente dall'oscillatore viene portata al gate del fet che si comporta come una capacità in parallelo al condensatore da 47 pF. La reattanza complessiva delle due capacità varia a seconda della modulazione che raggiunge il gate del fet attraverso la impedenza da 10 mH, utile per impedire che la R.F. giunga al potenziometro da 10 kΩ, regolatore del livello di modulazione e quindi della deviazione. Variandosi la reattanza varierà ovviamente la fase della corrente che scorre nel fet e in uscita troveremo la R.F. deviata.

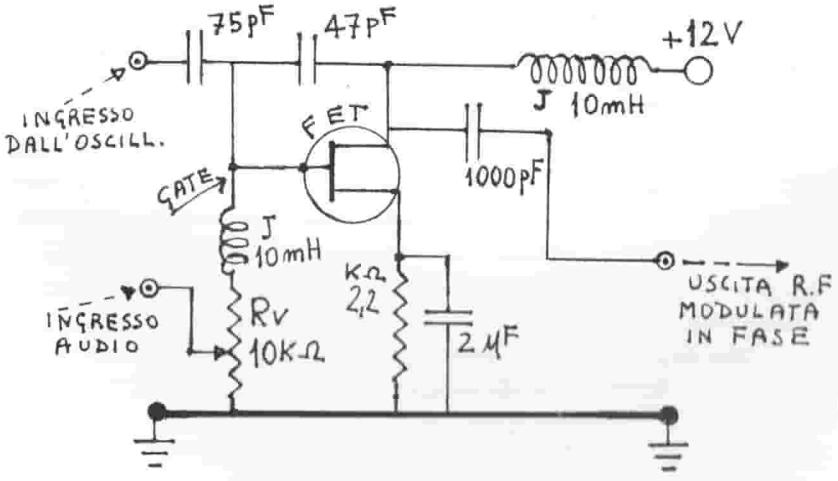


Fig. 16-12 Modulatore di fase (ottiene lo stesso effetto dei modulatori di frequenza).

5) Ricetrasmittenti

La moderna tecnologia ha indotto le case costruttici a produrre apparati sempre più compatti, talora anche tascabili, nei quali si trovano assiemati ricevitori e trasmettitori.

In tali apparecchi, sfruttando il fatto che l'apparato solitamente non riceve e trasmette contemporaneamente, vengono impiegati alcuni stadi in ricezione o in trasmissione a secondo dell'uso dell'apparato.

Ad esempio l'amplificatore di potenza audio del ricevitore viene impiegato in trasmissione quale modulatore; l'alimentatore viene commutato o sul ricevitore o sul trasmettitore, con notevole risparmio di potenza erogata, possibilità rilevante quando si tratti di apparati portatili alimentati a batteria.

Comunque un apparato ricetrasmittente è sempre costituito da un ricevitore e da un trasmettitore assiemati in un contenitore unico, che possono o meno avere qualche stadio in comune.

Lo schema a blocchi di fig. 16-13 illustra un ricetrasmettitore portatile per VHF, modulato in FM.

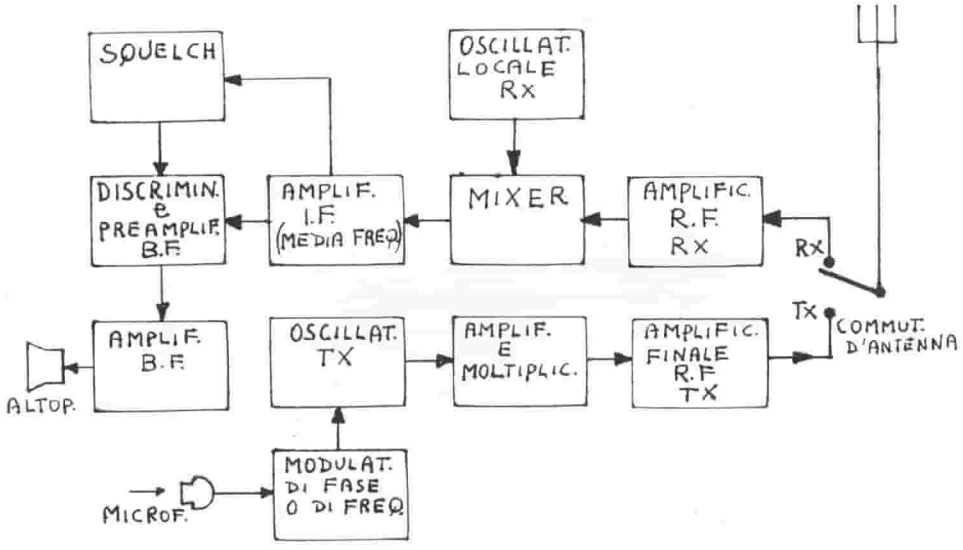


Fig. 16-13 Schema a blocchi di ricetrasmittente FM.

In questo apparato solo l'antenna è in comune commutata o sul ricevitore (RX) o sul trasmettitore (RX).

Va notato come una stazione ricetrasmittente dovrebbe esser sempre composta da ricevitori e trasmettitori separati; tale combinazione offre il vantaggio di consentire all'operatore di impiegare frequenze diverse fra ricezione e trasmissione, di ricevere e trasmettere contemporaneamente, di usare antenne diverse per ogni apparecchio.

Tuttavia l'ingombro minimo, la praticità d'uso e la facile trasportabilità hanno portato alla diffusione di apparati ricetrasmittenti anche di notevole potenza sia nel campo amatoriale che in quello civile.

LE INTERFERENZE

La diffusione di apparati ricetrasmittenti ha dato origine ad un fastidioso problema, la cui soluzione non sempre è facilmente risolvibile: le interferenze e i disturbi con altri servizi radioelettrici.
È ben noto che qualsiasi motore elettrico è in grado di produrre sgradevoli disturbi nella ricezione di radio e di televisori installati in loro stretta vicinanza, è forse meno noto, ma facilmente verificabile, che un semplice ricevitore è altresì in grado di arrecare disturbi ad altri ricevitori, in quanto il suo oscillatore locale, sia pur di debolissima potenza, può irradiare un segnale sufficiente a recare interferenza sulla frequenza interessata; tuttavia l'emissione di segnali da trasmettitori, con potenze dell'ordine di decine di Watts, può talvolta produrre effetti interferenti non solo su apparecchi riceventi radio e televisivi, ma anche su altri apparati d'ascolto quali grammofoni, registratori, amplificatori, telefoni, citofoni, etc. Tali disturbi vengono genericamente chiamati "TVi", abbreviazione dall'inglese "Tele-vision interference".
La pratica nella ricerca delle cause e della eliminazione dei disturbi ha dimostrato che nella maggior parte dei casi essi non sono dovuti a cattiva qualità dell'emissione del trasmettitore disturbante, bensì a carenze nei dispositivi filtranti e nelle schermature degli apparecchi disturbati!!
Qualsiasi radioamatore, non appena installi una visibile antenna sulla propria abitazione, diverrà il bersaglio ed il "capro espiatorio" di ogni disturbo radiotelevisivo che il vicino di casa abbia a lamentarsi!!
Sovente in uno stabile ove siano installati decine di televisori, succede che uno solo di essi venga disturbato dall'emissione amatoriale, ma sarà ben arduo spiegare al suo possessore che probabilmente il suo televisore è starato o scarsamente schermato...
Bisogna quindi armarsi di pazienza, di tatto e di spirito di collaborazione per eliminare o almeno ridurre con ogni mezzo di "TVi", anche intervenendo sull'apparecchio disturbato, una volta accertato ovviamente, che la purezza dell'emissione del proprio trasmettitore sia la massima ottenibile.

Una indagine preliminare
Subito dopo l'installazione di una stazione trasmittente è opportuno che il radioamatore controlli con le stesse apparecchiature riceventi domestiche (radio per i programmi di diffusione locale, televisore ecc.) se, con il trasmettitore attivo su diverse frequenze, si verificano interferenze; l'eventuale collaborazione di un amico o vicino di casa che si ponga in ascolto con le proprie apparecchiature domestiche, potrà esser preziosa per valutare l'intensità di eventuali disturbi su varie bande di ricezione.
Se ad esempio, il trasmettitore fosse attivo su 14 MHz e si notasse un disturbo su di un ricevitore FM sintonizzato a 98 MHz, il disturbo è da attribuirsi alla 7a armonica dell'emissione (14x7=98) la cui ampiezza è evidentemente eccessiva: in tale caso potrà ridursi il disturbo dotando il trasmettitore di un adeguato filtro "passa-basso", in grado di attenuare di molti

decibel i segnali di frequenza superiore ai 30 MHz.
Prima di intervenire sugli apparecchi sarà opportuno comunque rilevare la presenza di disturbi su una gamma di frequenze più vasta possibile, diminuendo la potenza del trasmettitore fino a determinare dove il disturbo scompaia.
I provvedimenti da attuarsi andranno sempre preceduti da una precisa indagine sulle loro cause, annotando con precisione le frequenze disturbate, le potenze di emissione causanti disturbo, il tipo di modulazione impiegato ecc; all'attuazione di ogni accorgimento tecnico tali prove andranno poi ripetute per confrontare le misure e rilevare eventuali variazioni.

Ricevitore disturbato in antenna
Per scoprire se un ricevitore sia radiofonico, che televisivo capti il disturbo dalla propria antenna, o da qualche altro stadio, sarà buona norma cortocircuitare il suo ingresso d'antenna mediante un corto spezzone di filo conduttore: in tal modo il ricevitore viene desensibilizzato e, se il disturbo scompare, significa che esso giunge direttamente allo stadio d'ingresso attraverso l'antenna. In tal caso si proverà a dotare il trasmettitore di un filtro "passa - basso" o "passa - alto", a seconda della frequenza emessa, ovvero, se ciò non bastasse, ad un filtro di banda tanto più selettivo fino ad annullare l'emissione interferente. Può convenire, talvolta, dotare lo stesso ricevitore disturbato di un filtro passa-alto qualora si tratti di ricevitore televisivo e il disturbo sia causato da trasmettitore in onde corte (3÷30 MC); un filtro classico è schematizzato in fig. 16-14.

Ricevitore disturbato dalla rete elettrica
I ricevitori alimentati da rete elettrica a corrente alternata, se non costruiti con efficienti circuiti filtranti, possono venir influenzati da disturbi captati dalla stessa rete, che viene a funzionare come una antenna, se investita da segnali di rilevante potenza. Il segnale immesso dalla rete nel ricevitore può influenzare sia il suo circuito d'ingresso che altri stadi di amplificazione; disturbi da rete possono infatti influenzare non soltanto ricevitori ma anche amplificatori, giradischi o registratori, sprovvisti di circuiti a radiofrequenza. Un efficiente filtro di rete è schematizzato in fig. 16-15 e andrà posto sia sul trasmettitore che sull'apparecchio disturbato.

Disturbi in vari stadi
La presenza di forti campi a radiofrequenza, emessa da trasmettitori, può influenzare direttamente uno stadio di amplificazione, sia di ricevitori radiotelevisivi, che di altri complessi elettronici, se non sufficientemente schermati e protetti. Ad esempio un normale stadio di preamplificazione di bassa frequenza, se investito da un potente segnale RF, può rivelare lo stesso segnale, comportandosi un suo transistor amplificatore come un normale diodo rivelatore. In tale caso il disturbo permarrà qualunque sia la sintonia del ricevitore, anche con l'ingresso d'antenna cortocircuitato!

Per localizzare lo stadio responsabile si potrà utilizzare un condensatore di elevata capacità (0,1μF) con il quale cortocircuitare a massa gli ingressi e le uscite di ciascun stadio fino a notare la scomparsa del disturbo; una volta localizzato lo stadio, sarà possibile provvedere per tentativi a migliorarne la schermatura con coperture metalliche, ovvero a disaccopiarne l'alimentazione mediante bobinette "choocker" e capacità di fuga.
In particolari casi si possono verificare effetti di intermodulazione su convertitori di impianti centralizzati di antenne televisive, per cattiva schermatura o per scarsa purezza degli oscillatori locali impiegati nella conversione. Anche per tali situazioni sarà necessario intervenire per tentativi sull'impianto centralizzato, dotandolo di filtro "passa-alto" migliorandone la schermatura, ovvero sostituendolo con un circuito d'amplificazione di migliore qualità rispondente alle più recenti normative di protezione contro i radiodisturbi.
Va infatti ricordato che è stata da tempo vietata dalla legge l'immissione in commercio di apparecchi elettronici e radioriceventi, compresi i televisori, non rispondenti a severe norme di protezione antidisturbo (decreto minist. 25 Giu. 1985, pubblicato sulla Gazz. Ufficiale n. 171 del 22/7/1985).
Tuttavia è stato già riscontrato che numerosi modelli di apparecchi commerciali di tipo economico, pur omologati regolarmente, non rispondono alle specifiche fissate: all'utente in possesso di apparati di qualità scadenti che avanzasse reclamo per disturbi, il radioamatore, effettuato ogni tentativo per eliminare il fenomeno, potrà proporre una verifica di conformità per l'apparecchio disturbato, o meglio, dimostrare che un altro apparecchio di migliore qualità non è influenzato da disturbi! In ogni caso sarà buona regola cercare la miglior forma di ragionevole collaborazione, mai lo scontro, fra utenti di radioservizi!
Come si è detto la soluzione al problema delle interferenze va analizzata caso per caso: la nostra semplice trattazione si propone di dare soltanto una guida di massima, rimandando alla letteratura specifica per i casi più problematici di disturbo e per i relativi rimedi.

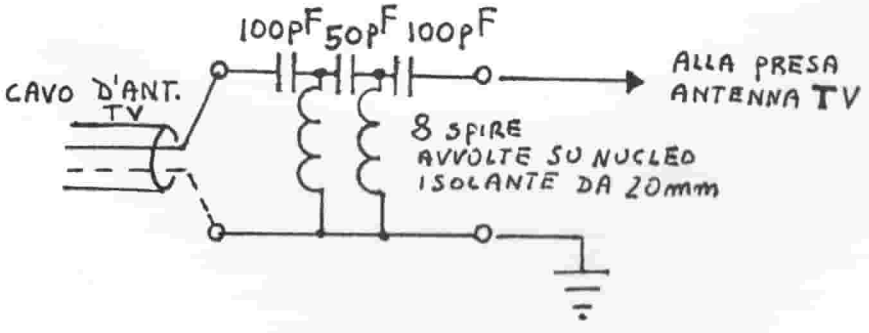


Fig. 16-14 Filtro anti TVi

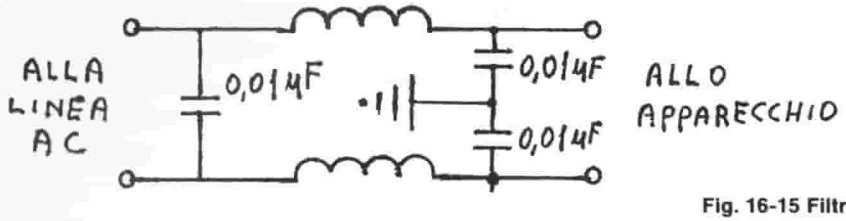


Fig. 16-15 Filtro di rete

ESERCIZI SUL CAPITOLO 16

16-1 Il ricevitore di fig. 16-1 si vuole sintonizzare sulla frequenza di 14255 kHz; quale dovrà essere la frequenza dell'oscillatore locale?

16-2 Disegna lo schema a blocchi di un ricevitore per SSB?

16-3 Quale è lo stadio che differenzia il ricevitore FM dal ricevitore AM?

16-4 A cosa serve il circuito "Squelch" nei ricevitori?
Lo "Squelch" agisce sul volume d'ascolto?

16-5 Disegna lo schema a blocchi di un trasmittente per modulazione d'ampiezza (AM)?

16-6 Disegna lo schema a blocchi di un trasmettitore per modulazione d'ampiezza a banda soppressa?

16-7 Disegna lo schema a blocchi di una trasmittente per FM?

16-8 Come definiresti la selettività di un ricevitore?

16-9 Un ricevitore molto selettivo può essere anche molto fedele?

RISPOSTE

16-1 = 14.710 kHz
16-2 = Confronta il tuo disegno con fig. 16-2
16-3 = Il discriminatore per la FM, anziché il rivelatore
16-4 = A tenere muto il ricevitore in assenza di segnale. No, e assolutamente indipendente dal volume
16-5 = Confronta il tuo disegno con fig. 16-8
16-6 = Confronta il tuo disegno con fig. 16-9
16-7 = Confronta il tuo disegno con fig. 16-11
16-8 = La selettività è l'attitudine di un ricevitore ad eliminare dall'ascolto i segnali di frequenza vicina al segnale sintonizzato
16-9 = La selettività molto spinta non consente l'ascolto fedele di emissioni modulate (AM - SSB - FM) inquanto "taglia" le bande laterali di modulazione.

CAPITOLO XVII

- **Le antenne in generale**
- **Teoria dell'antenna. Relazione fra sua dimensione e lunghezza d'onda**
- **Il dipolo**
- **Caratteristiche dell'antenna. Vari tipi d'antenna**
- **Linee di collegamento fra antenna ed apparecchio. Adattamento dell'antenna**

LE ANTENNE IN GENERALE

Se vogliamo illuminare una stanza con l'energia elettrica, abbiamo bisogno di una sorgente elettrica, per esempio d'una batteria, e di una lampadina che utilizzi la corrente erogata dalla batteria, in luce da irradiare.

Analogamente possiamo paragonare la batteria al trasmettitore e la lampadina all'antenna.

Per quanto riguarda invece i ricevitori questi possono essere paragonati ad una stanza nella quale si voglia introdurre la luce da una finestra: la finestra in questo caso è l'antenna. Più la finestra è grande, più essa è esposta ai raggi solari e libera da ostacoli, più luce entrerà nella stanza e analogamente più l'antenna ricevente è ben dimensionata e libera da schermatura, più alto sarà il segnale che entrerà nel ricevitore.

Rimanendo al concetto della lampadina potremmo osservare anche che una lampadina senza alcuna protezione o schermo irradierà la luce sfericamente, in ogni direzione.

Se invece disponiamo la lampadina in un sistema focalizzante, potremo concentrare la luce in una sola direzione.

Anche un'antenna può esser "focalizzata" e irradiare energia a radiofrequenza in una sola direzione, ovvero esser "omnidirettiva" irradiando in ogni senso!

Il concetto esposto è piuttosto rozzo inquanto un'antenna si comporta in modo non proprio identico ad una lampadina: essa infatti deve esser accordata innanzitutto sulla frequenza che si vuole emettere (o ricevere) e pertanto costituisce un circuito accordato. Inoltre l'antenna deve presentare un'impedenza identica a quella dello stadio finale del trasmettitore, o dello stadio d'ingresso del ricevitore cui è collegata, diversamente si avrebbe un calo di rendimento, in quanto non tutta l'energia erogata dal trasmettitore verrebbe utilizzata dall'antenna e andrebbe anzi a dissiparsi sottoforma di calore nello stesso stadio del trasmettitore.

Problema rilevante nell'utilizzo di un'antenna è quindi il suo accordo sia con la linea di collegamento all'apparecchio ricevente o trasmittente, sia con lo stadio d'ingresso o d'uscita di questo.

Altro fondamentale problema per l'utilizzo di un'antenna è il suo dimensionamento, che dev'essere legato alla sua frequenza di risonanza: come qualsiasi circuito accordato di tipo induttivo-capacitivo, un'antenna risuona su di una determinata frequenza, al di fuori della quale il suo rendimento cala, come in ogni circuito non bene accordato.

È tuttavia possibile, con espedienti di vario genere, aumentare artificialmente la componente capacitiva o induttiva dell'antenna impiegata grazie ai così detti accordatori d'antenna (Matching box), onde farla risuonare su diverse frequenze, entro limiti molto ampi.

L'antenna è sempre stata oggetto di studio e di ricerca fin dalla nascita delle radio comunicazioni: esiste una vastissima letteratura su tale argomento che va di anno in anno ampliandosi, soprattutto nel campo delle ultrafrequenze e delle trasmissioni via satellite; pertanto nella nostra trattazione dovremo limitarci all'essenziale, senza entrare nei dettagli costruttivi: i tipi d'antenna sono infatti numerosissimi: dal semplice dipolo che considereremo come antenna basilare, alle direttive plurielementi ad altissimo guadagno, alle antenne trappolate o caricate, a quelle a parabola per microonde. Per qualsiasi tipo d'antenna possiamo tuttavia fissare subito una definizione fondamentale.

L'antenna è l'ultimo circuito accordato di un trasmettitore, e il primo circuito accordato di un ricevitore!

TEORIA DELL'ANTENNA - RELAZIONE FRA SUA DIMENSIONE E LUNGHEZZA D'ONDA

Supponiamo di realizzare un circuito come quello di fig. 17-1 dove abbiamo teso un bel pezzo di filo collegato all'uscita di un generatore (o di un trasmettitore), e abbiamo posto un amperometro per corrente alternata in serie fra l'uscita del generatore e lo stesso filo.

Supponiamo che il filo sia lungo 5 metri e proviamo a sintonizzare il generatore per avere la massima lettura sull'amperometro. Noteremo che essa si avrà per una sintonia a 30 MHz.

Dalla formula per la relazione frequenza-lunghezza d'onda sappiamo che la lunghezza d'onda (λ) è data dal rapporto fra la velocità della luce e la frequenza:

$$\lambda = \frac{300.000.000}{f}$$

più praticamente, considerando la frequenza in MHz, possiamo riscrivere la formula

$$\lambda \text{ (in metri)} = \frac{300}{f \text{ (in MHz)}}$$

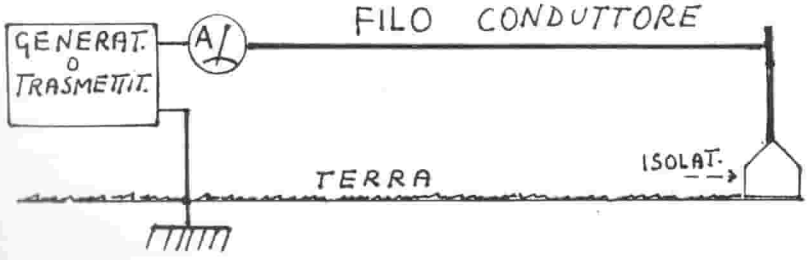


Fig. 17-1

Applicandola al nostro pezzo di filo possiamo calcolare:

$$\lambda = \frac{300}{30} = 10 \text{ m}$$

per la lunghezza d'onda di 10 metri il nostro pezzo di filo avrà la massima corrente a $\lambda/2 = 5$ metri, ossia risuonerà come antenna avendo una lunghezza uguale alla metà della lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza che si vuole irradiare.

Possiamo così calcolare che per una frequenza di 2 MHz, dovremo usare un filo di lunghezza:

$$\lambda/2 = \frac{300}{f} : 2 = \frac{300}{2} : 2 = 75 \text{ m}$$

mentre per una frequenza di 14 MHz dovremo usare un filo di lunghezza =

$$\lambda/2 = \frac{300}{f} : 2 = \frac{300}{14} : 2 = 10{,}71 \text{ m}$$

In ogni caso dunque useremo per la risonanza un filo di lunghezza pari alla metà della lunghezza d'onda in uso ed appare evidente come più la frequenza impiegata è alta, più il filo necessario si accorci: più alta è la frequenza più piccola sarà l'antenna adatta a quella frequenza.

Passiamo ora a qualche considerazione sulla corrente in antenna che possiamo leggere sul nostro amperometro.

Innanzi tutto dobbiamo considerare che il nostro filo, percorso dalla radio frequenza, presenta le tre classiche componenti di qualsiasi circuito accordato: induttanza, capacità e resistenza, variamente distribuite, come sinteticamente illustrato in fig. 17,2, dove a puro titolo esemplificativo, abbiamo posto due capacità e due induttanze ad indicare le componenti capacitive-induttive comunque, presenti ,e due resistenze, anch'esse comunque presenti quali resistenze parassite di ogni circuito accordato.

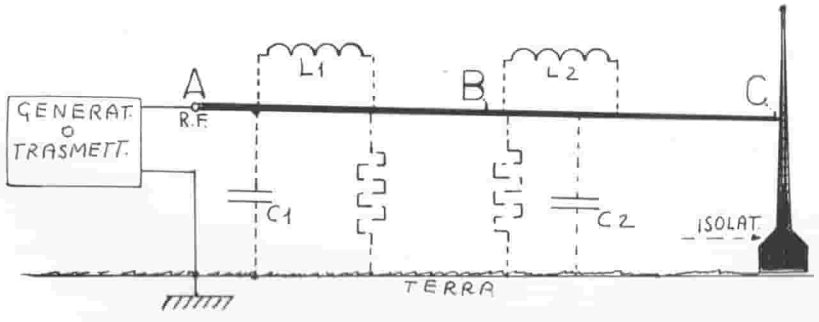


Fig. 17-2 Componenti induttive, capacitive e resistive dell'antenna.

Con il nostro amperometro inserito al punto A misureremo la massima corrente, in quanto alla risonanza verranno ad annullarsi reciprocamente le componenti induttive e capacitive rimanendo così la corrente determinata dalla sola resistenza.

Se invece spostiamo l'amperometro inserendolo al punto B, (centro del filo)

noteremo che la corrente diviene pressochè nulla, mentre tornerà ad esser massima al punto C, (estremo del filo).
Inoltre, poichè sappiamo che in ogni circuito induttivo-capacitivo-resistivo, si ha uno sfasamento di 90° fra tensione e corrente potremmo verificare con un voltmetro per radiofrequenza posto fra la terra e i punti A, B, C che dove si avrà un minimo di corrente si avrà un massimo di tensione e viceversa.
L'andamento fra tensione e corrente lungo l'antenna è quindi sfasato di 90 gradi e la corrente misurata all'uscita del trasmettitore non è uguale lungo tutto il filo costituente l'antenna, il che sembrerebbe contrastare con la legge di Ohm, se non si tenesse però in considerazione il fatto che fra l'antenna e la terra, come pure fra diversi punti della stessa antenna vi sono capacità, induttanza e resistenza, e che una larga parte d'energia abbandona l'antenna sottoforma di energia elettromagnetica propagantesi nello spazio.
In ogni caso possiamo però dire che se il nostro trasmettitore eroga ad esempio una potenza di 100 Watts a radio frequenza e noi misuriamo sull'amperometro la corrente di 0,5 Ampere, per la legge di ohm possiamo calcolare che la resistenza presentata dall'antenna sarà:

$$R = \frac{P}{I^2} \; ; \quad R = \frac{100}{0{,}5^2} \; ; \quad R = \frac{100}{0{,}25^2} = 400\ \Omega$$

diremo così che la resistenza offerta dalla nostra antenna è di 400 ohm e chiameremo tale resistenza "Resistenza di irradiazione" in quanto questa è la resistenza opposta dall'antenna, in risonanza, alla irradiazione della radio frequenza.
Da ciò possiamo concludere:

$$\text{Resistenza di irradiazione:} \quad \frac{\text{Potenza RF}}{\text{Corrente}^2}$$

IL DIPOLO

Nel semplice pezzo di filo che abbiamo esaminato, assunto come antenna, nelle fig. 17,1 e 17,2 abbiamo considerato che alcune sue componenti induttive-capacitive-resistive fossero chiuse verso la terra, diversamente avremmo avuto un circuito aperto nel quale non vi sarebbe stata corrente.
Tuttavia possiamo costruire un'antenna, una parte della quale costituisce la terra (massa) e l'altra parte l'elemento collegato alla sorgente di radiofrequenza, ottenendo il medesimo risultato. Questa diffusissima antenna si chiama dipolo.
Supponiamo infatti di tagliare a metà il filo conduttore illustrato in fig. 17,2 e di collegarvi al centro l'uscita del generatore, come in fig. 17,3.
La lunghezza totale del filo, per la risonanza, rimarrà sempre la stessa, ma non avrà più rilevanza il fatto che la massa del trasmettitore sia o meno collegata a terra. La terra sarà infatti simulata dal braccio destro del filo; e fra il braccio destro e sinistro del filo saranno presenti le componenti capacitive-induttive-resistive che erano, presenti fra il filo e la terra nelle fig. 17,2.
Questa soluzione offre molteplici vantaggi: il primo è che le caratteristiche di risonanza dell'antenna e la sua resistenza di irradiazione rimarranno pressochè costanti qualunque sia la distanza dell'antenna dalla terra, il secondo

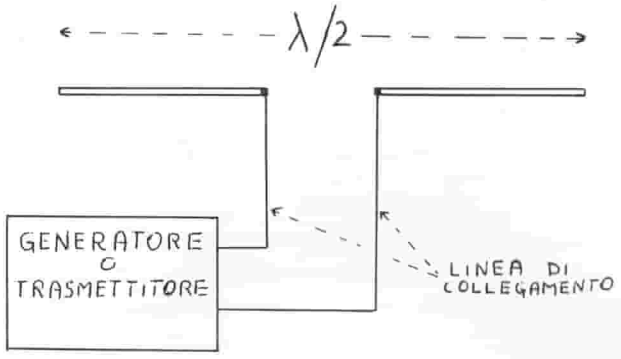


Fig. 17,3 Il dipolo a $\lambda/2$.

che le stesse caratteristiche rimarranno indipendenti dalla lunghezza della linea di collegamento fra l'antenna e il trasmettitore, purchè questa linea presenti impedenza pari a quelle dell'antenna e dello stadio finale del trasmettitore.
Si presenta fin d'ora quindi il problema dell'adattamento della linea al trasmettitore, assieme a quello dell'adattamento della impedenza dell'antenna sia alla linea che al trasmettitore, problema che comunque è risolvibile con svariati espedienti e che esamineremo in seguito.
Per ora torniamo al nostro dipolo di fig. 17,3 e supponiamo di volerne praticamente costruire uno per la frequenza di risonanza di 7,050 Mc.
Per calcolare la lunghezza ricorreremo alla formula pratica:

$L = 0{,}95 \times \lambda/2$

dalla quale rileviamo che l'antenna dovrà essere leggermente più corta della sua lunghezza teorica. Infatti il diametro del filo impiegato, che generalmente ha una sezione di qualche millimetro, incide sulle caratteristiche dell'antenna per cui il fattore 0.95 serve a compensarne mediamente le variazioni.
La lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza di 7,050 Mc sarà:

$$\lambda = \frac{300}{7{,}050} = 42{,}553 \text{ m}$$

per cui calcoliamo la lunghezza complessiva del dipolo

$$L = \frac{0{,}95 \times 42{,}553}{2} = 20{,}212 \text{ m}$$

Munendoci di tre isolatori e di un buon pezzo di filo di rame potremmo costruire la nostra antenna, come illustrato in fig. 17,4.
Un dipolo come quello fig. 17,4 potrebbe venir dimensionato per qualsiasi frequenza, da 1 MHz fino ai 500 MHz ed oltre ma se vogliamo calcolare le dimensioni del dipolo per queste bande estreme.

$$L = \frac{(300 \cdot 0.95)}{1} : 2 = 142{,}5 \text{ m (per 1 MHz).}$$

$$L = \frac{(300 \cdot 0{,}95)}{500} : 2 = 0{,}285 \text{ m (per 500 MHz).}$$

Risulta chiaro che un'antenna di 142,5 metri non è praticamente realizzabile dato l'eccessivo ingombro, mentre un'antenna di soli 28 centimetri potrà risultare molto maneggievole.
Comunque il dipolo di fig. 17,4, dimensionato per varie frequenze, è ancora oggi molto impiegato nelle telecomunicazioni e particolarmente nel campo amatoriale, sia nella banda delle onde corte (1,8 ~ 28 Mc) che nelle bande VHF e UHF (144 - 440 Mc).

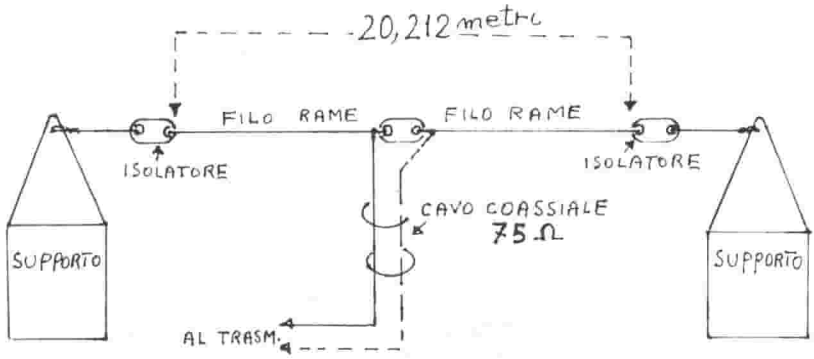


Fig. 17,4 Esempio di dipolo per la frequenza di 7,050 Mc

Un dipolo rettilineo presenta inoltre una impedenza pressochè costante di 75 Ohm, per cui si trovano in commercio conduttori coassiali aventi questa impedenza tipica, che consentono un perfetto adattamento linea-antenna.
Se i due bracci del dipolo vengono posizionati in modo non rettilineo, ma con una certa angolatura, anche l'impedenza tipica varia; precisamente posizionando i due bracci a "V invertita" con un angolo di circa 120°, l'impedenza diviene di circa 50 Ohm, come illustrato in figura 17-5.

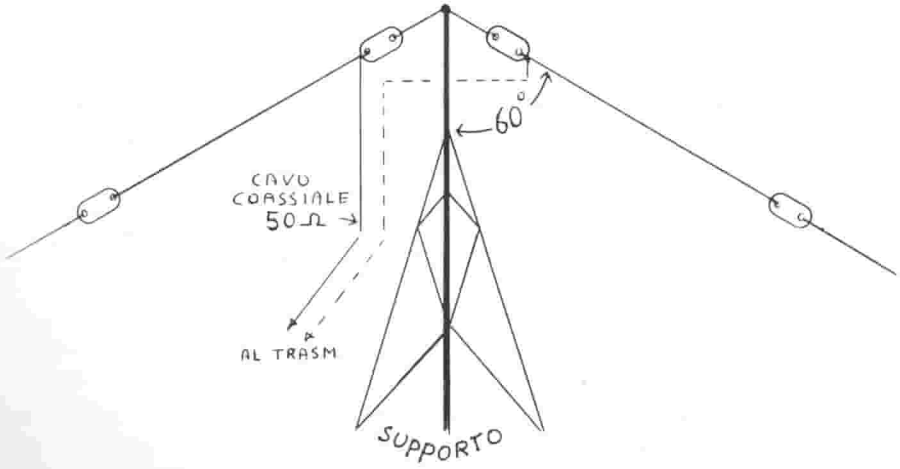


Fig. 17-5 = dipolo a "V invertita" con cavo di discesa a 50 Ω.

CARATTERISTICHE DELL'ANTENNA. VARI TIPI D'ANTENNA

Le principali caratteristiche di un'antenna sono
1 - la sua frequenza di risonanza
2 - la sua larghezza di banda
3 - la sua impedenza tipica
4 - il guadagno rispetto al dipolo (o la perdita rispetto al dipolo)
5 - la polarizzazione (verticale - orizzontale o intermedia)
6 - la direttività
7 - la massima potenza tollerata.

Circa la frequenza di risonanza si è già visto trattando dell'antenna classica, il dipolo, come essa dipenda dalla dimensione.
In merito all'impedenza, anch'essa dipende sostanzialmente dal dimensionamento e dall'angolatura fra gli elementi della stessa antenna; normalmente si costruiscono antenne con impedenze tipiche di 50, 75, 300, 600 Ω.
La larghezza di banda è appunto la gamma di frequenza entro cui l'antenna rimane in risonanza: come avviene per qualunque circuito accordato, più alto sarà il guadagno dell'antenna, più sarà stretta la banda di risonanza, per cui volendo operare su vaste gamme di frequenza, converrà usare antenne a non troppo alto guadagno. Il guadagno dipende principalmente dal numero di elementi impiegati nell'antenna, esso in genere è dato dal rapporto di rendimento rispetto al dipolo $\lambda/2$; ciò significa che se emettendo con un dipolo, si riceve ad una certa distanza un segnale di intensità 100μV, sostituendo al dipolo un'antenna che guadagni ad esempio 3 dB, il segnale si riceverà con intensità doppia.
La massima potenza tollerata è quella oltre la quale l'antenna inizia a scaricare energia fra i suoi elementi, ovvero muta notevolmente le sue caratteristiche tipiche: essa dipende dall'isolamento presente fra i suoi elementi.
Un discorso particolare va aperto sulla polarizzazione e sulla direttività dell'antenna.
La polarizzazione è determinata dal posizionamento dell'antenna rispetto alla terra per cui se l'antenna è posta orizzontalmente rispetto alla terra irradierà onde polarizzate orizzontalmente; se è posta verticalmente irradierà onde polarizzate verticalmente; le due posizioni sono schematizzate in fig. 17-6, dove il medesimo dipolo è posto orizzontalmente in (A) e verticalmente in (B).
Nell'impiego pratico delle antenne la polarizzazione in identica maniera fra due stazioni in collegamento, consente notevole aumento nei segnali ricevuti, tuttavia, nel campo delle onde corte, le riflessioni sia di ostacoli terrestri che di strati jonosferici provocano mutazioni notevoli nelle polarizzazione dei segnali, al punto che un segnale trasmesso da antenna polarizzata verticalmente giunge talvolta all'antenna ricevente con polarizzazione orizzontale.
Di grandissimo rilievo è invece **la direttività** di un'antenna: essa consente di irradiare la massima energia nella direzione desiderata e consente inoltre di determinare la provenienza di un segnale ricevuto; grazie alle caratteristiche direttive delle antenne sono stati appunto elaborati gli strumenti elettronici

di radiolocalizzazione quali radar, radiogoniometri, radiofari etc.

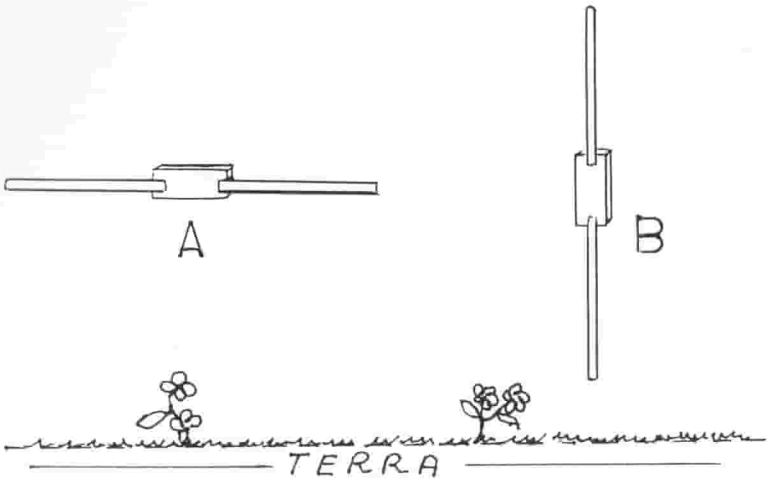


Fig. 17-6 Polarizzazione orizzontale (A), e verticale (B) di un dipolo.

Per comprendere cosa s'intenda per direttività di un'antenna, supponiamo di piazzare un trasmettitore munito di un dipolo trasmittente fisso su di un prato, e di spostarci con un ricevitore entro un raggio determinato (ad esempio di 1 km) usando quale antenna ricevente un dipolo orientabile, come illustrato in fig. 17-7.

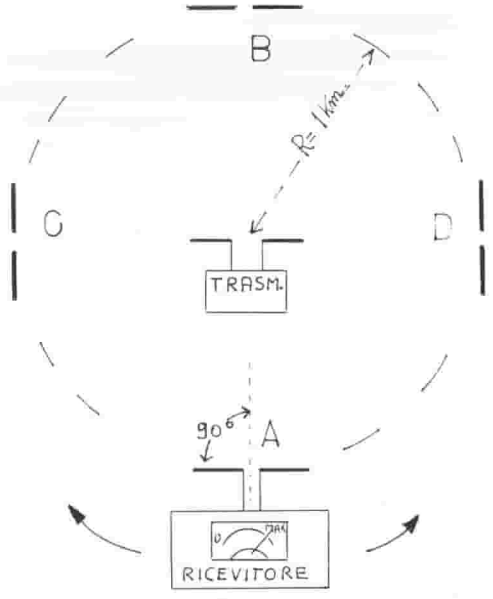


Fig. 17-7 Rilievo della direttività delle antenne; in posizione A e B si otterrà il massimo segnale.

Realizzando tale situazione e sintonizzando ovviamente il ricevitore sulla

frequenza del trasmettitore potremmo rilevare quanto segue:
1 - Con l'antenna ricevente piazzata in posizione A ed orientata parallelamente al dipolo trasmittente il segnale risulta massimo (ad esempio 1000μV). Ruotando l'antenna ricevente noteremo che il segnale ricevuto diminuisce fino ad un minimo corrispondente alla rotazione dell'antenna a 90° rispetto la posizione iniziale: potremmo rilevare il segnale di grado in grado notando che esso passa ad esempio dai 1000μV al minimo di 200μV.
2 - Con l'antenna ricevente piazzata in posizione B otterremo le medesime misure rilavate in posizione A.
3 - Con l'antenna ricevente piazzata in posiziona C, come illustrato in figura, otterremo un massimo segnale molto inferiore al massimo di posizione A, in quanto i dipoli riceventi e trasmittenti risultano non paralleli; il massimo in tale posizione corrisponderebbe circa al minimo rilevato in posizione A (200μV).
Ruotando l'antenna ricevente noteremo un nuovo minimo, molto inferiore a quello rilevato in posizione A, minimo che si verificherà ancora quando l'antenna ricevente sia ruotata di 90° (ad esempio potrebbe essere di 20μV).
4 - Con l'antenna ricevente piazzata in posizione D otterremo le medesime misure rilevate in posizione C.
La disposizione di fig. 17-7 è ancora usata per rilevare le caratteristiche direttive delle antenne. E' infatti possibile tracciare così dei precisi grafici sulla direttività dell'antenna ricevente, come pure effettuare misure circa il guadagno di un'antenna, confrontando i dati rilevati fra varie antenne o fra l'antenna in prova ed un'antenna assunta a campione.
Nel nostro esempio abbiamo supposto ovviamente che i dipoli impiegati fossero perfetti. In pratica, soprattutto per antenne speciali a dipoli sovrapposti, si potrebbero rilevare condizioni di direttività non uniformi quali campi angolari dove il segnale diminuisce o aumenta repentinamente mostrando dei lobi di irradiazione non rispondenti alla irradiazione del dipolo teorico.

VARI TIPI D'ANTENNA

Forme e dimensioni delle antenne praticamente costruite per l'impiego in telecomunicazioni variano a seconda delle caratteristiche richieste, del loro impiego e del campo di frequenza operativa.
Troviamo infatti antenne fisse utilizzate per la ricezione di una sola frequenza, per le quali si richiedono caratteristiche di alta direttività e di alto guadagno, nonchè di banda molto stretta, quali le famose antenne Yagi usate in campo televisivo.
Nel campo amatoriale troviamo invece antenne adatte alla ricezione di molte frequenze, orientabili per il massimo sfruttamento delle caratteristiche direttive, quali il dipolo, la cubica a vari elementi, oppure antenne non orientabili e di ridotte dimensioni quali la diffusissima "GP" (Ground Plane) o il dipolo caricato, ovvero le ormai superate antenne tipo "Marconi" o filari.
Per l'impiego in altissime frequenze, oltre i 144 MHz, le antenne Yagi a più elementi sono le più adoperate, assieme alle GP 5/8 d'onda, ma non mancano le antenne paraboliche ed elicoidali che offrono eccezionali guadagni ma richiedono precisissimi orientamenti.
Per lo studio di antenne speciali esiste una vastissima letteratura a disposizione sia dei costruttori che degli amatori per cui non è utile dilungarci sui

dettagli funzionali delle stesse, essendo tutte riconducibili al funzionamento del dipolo.

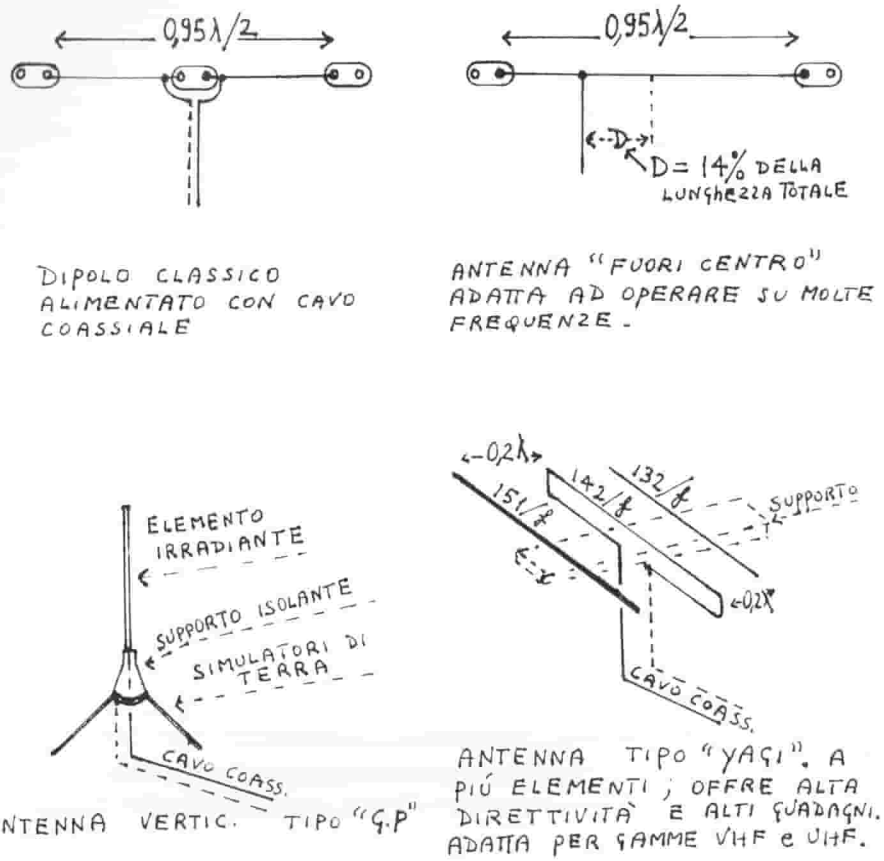


Fig. 17-8 Principali tipi d'antenna.

LINEE DI COLLEGAMENTO FRA ANTENNA ED APPARECCHIO. ADATTAMENTO DELL'ANTENNA

Come già si è detto trattando sul dipolo, ogni antenna, essendo un circuito accordato, deve accordarsi con l'impedenza dello stadio finale del trasmettitore per ottenersi il massimo trasferimento d'energia e pertanto la linea di collegamento fra trasmettitore (o ricevitore) e antenna dovrà avere la medesima impedenza.
Inoltre, la frequenza di risonanza dell'antenna deve corrispondere alla frequenza generata dal trasmettitore e questo renderebbe impossibile operare su vaste gamme di frequenza con una sola antenna, se non venissero impiegati degli appositi accordatori (matching box) o comunque dei circuiti in grado d'adattare sia l'impedenza, sia la risonanza dell'antenna cui sono collegati.
Ovviamente tali circuiti comportano un calo nel rendimento complessivo

dell'antenna che tuttavia rimane entro limiti accettabili quando l'accordo sia ben effettuato.
Circa le linee di collegamento, esse sono ormai da molti anni costituite da cavi coassiali ad impedenza standardizzata su valori tipici: 50 Ohm, 75 Ohm, 300 Ohm, 600 Ohm; la maggior parte dei trasmettitori attualmente in commercio sono dimensionati per impedenza a 50 Ohm e per tale impedenza esistono vari tipi di cavo, sia per alte potenze che per piccole potenze.
Ogni cavo è caratterizzato oltre che dall'impedenza anche dall'attenuazione opposta ai segnali alle varie frequenze, che generalmente aumenta con l'aumentare della frequenza, e dal fattore di velocità, ossia dalla diminuzione di velocità rispetto alla velocità della luce con cui l'energia percorre il cavo, essa varia a seconda dei tipi di cavo fra il 65% e il 95%.
A titolo d'esempio possiamo osservare che uno dei tipi di cavi coassiali più diffusi, lo RG58/A-AU, presenta le seguenti caratteristiche:

RG58/A-AU: impedenza **53Ω**
fattore di velocità: 60%
attenuazione per ogni 100 piedi (30,5 metri):
A 3,5 MHz= 0,68 dB; a 7 MHz= 1 dB, a 28 MHz= 2,2 dB
A 144 MHz= 5,7 dB a 420 MHz= 10,4 dB
potenza massima tollerata:
A 20 MHz= 550 Watt; a 30 MHz= **400 W;**
A 60 MHz= 290 Watt; a 200 MHz= **140 W.**

Sostanzialmente un cavo è paragonabile alla linea sottoillustrata, composta da una infinita serie di induttanze e di capacità, le cui reattanze singole compensano al variare della frequenza, rimanendo pertanto l'impedenza complessiva a valore fisso.

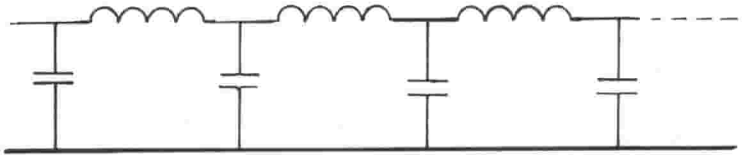


Fig. 17-9 Circuito equivalente ad un cavo coassiale.

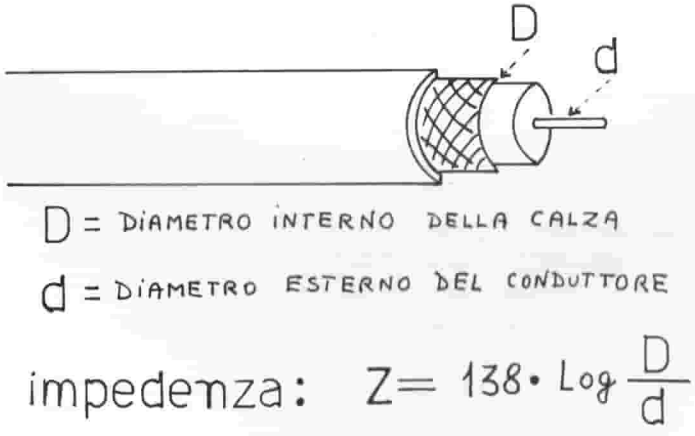


Fig. 17-10 Impedenza di cavo coassiale.

L'impedenza è determinata dal rapporto fra il diametro interno della calza schermante e il diametro esterno del filo conduttore secondo la formula di fig. 17-10.
Oltre ai cavi coassiali esistono altre linee di collegamento composte da fili paralleli distanziati (piattina bifilare), di limitatissimo impiego data la scarsa robustezza e la elevata impedenza non più adatta ai moderni apparecchi.

ADATTAMENTO DELL'ANTENNA

In condizioni ideali, un'antenna dimensionata per l'esatta frequenza del trasmettitore cui è collegata, non abbisogna di adattamento; ma tale condizione non sempre è realizzabile, soprattutto in campo radioamatoriale dove si opera su vaste gamme di frequenza.
Si ricorre dunque ad un espediente molto pratico; fra l'uscita del trasmettitore e l'antenna viene frapposto un circuito risonante ad elementi variabili, ossia ad induttanze e capacità regolabili, in grado di correggere la risonanza dell'antenna, come se ne venisse variata la stessa dimensione. Tali circuiti si chiamano appunto "adattatori d'antenna" o più frequentemente in inglese "matching box" (scatola adattante).
In taluni trasmettitori tale circuito adattante è contenuto nello stesso apparato, ma è più conveniente che esso sia staccato quale circuito indipendente.
In ogni caso si tratta generalmente di un circuito a "P greco" come quello di fig. 17-11.

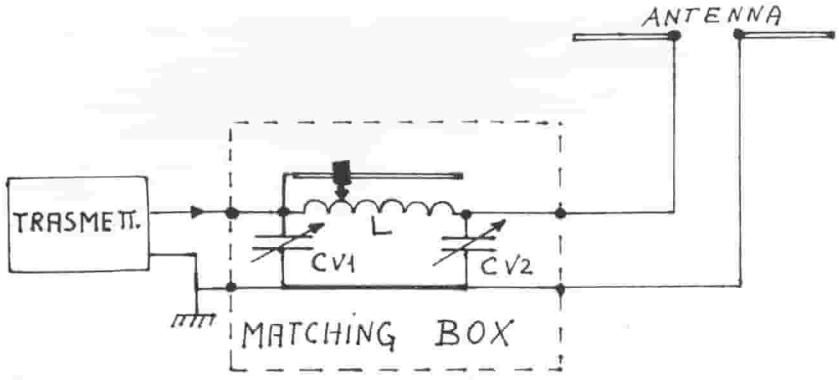


Fig. 17-11 Adattatore d'antenna.

La induttanza L può venir variata grazie al cursore strisciante sulle spire, mentre i due condensatori variabili CV1 e CV2 consentono la migliore scelta LC per far risuonare l'antenna sulla frequenza del trasmettitore; ovviamente il circuito agisce anche da filtro per eventuali frequenze spurie o armoniche, ma una piccola parte d'energia, anziché venir irradiata, sarà assorbita dal circuito stesso.
I valori di L e di CV1-CV2 vanno calcolati secondo le note formule della risonanza e quindi a seconda delle gamme di frequenza su cui si voglia operare.

Ponendo un misuratore di campo in prossimità dell'antenna, si noterebbe come esso indicherebbe il massimo segnale quando la L e CV1 CV2 venissero regolati per la risonanza ed in tale condizione si noterebbe anche il minor assorbimento di corrente nello stadio finale del trasmettitore.
Un sistema molto rozzo ma efficace per trovare la risonanza era quello illustrato in figura 17-12:
Ponendo provvisoriamente una normale lampadina in serie al "polo caldo" dell'antenna, essa viene ad illuminarsi massimamente quando le regolazioni ottengono la risonanza.

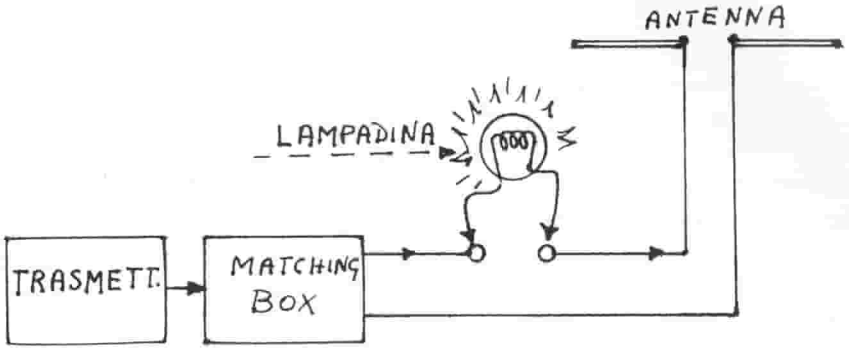


Fig. 17-12 Visualizzazione dell'accordo mediante lampadina.

Tuttavia la lampadina stessa presenta una certa induttanza per cui la misura ne risulta parzialmente alterata: questo sistema veniva usato quando non erano diffusi misuratori di ROS (Rapporto d'Onda Stazionaria): dei pratici strumenti in grado di misurare la percentuale d'energia non irradiata (e quindi di ritorno al trasmettitore), rispetto a quella da esso erogata.
Si tratta di strumenti passivi (non abbisognano di alimentazione) meglio conosciuti col nome di "SWR meter" (standing waves ratio meters ovvero misuratori di rapporto d'onda stazionaria) che si basano sul principio seguente: in ogni linea di trasmissione la tensione è costituita da due componenti che viaggiano in direzioni opposte.
Precisamente la potenza che viaggia dal trasmettitore all'antenna è determinata da una tensione detta "incidente" (Vo) mentre la potenza riflessa dall'antenna, e quindi non irradiata, che torna verso il trasmettitore appare come tensione (Vr), detta appunto "riflessa". Il rapporto d'onda stazionaria e dato pertanto dalla formula.

$$SWR = \frac{Vo + Vr}{Vo - Vr} \text{ ; ovvero } SWR = \frac{Z_O}{Z_R} = \frac{\text{imped. del carico}}{\text{imped. della linea}}$$

In condizioni ideali, mancando totalmente Vr, si ha un SWR = 1, ossia nessun ritorno d'energia verso il trasmettitore, come se al posto dell'antenna si ponesse una resistenza pura di valore euguale alla impedenza d'uscita del trasmettitore.
In fig. 17-13 è riportato lo schema di un SWR meter, inserito fra il trasmettitore e il matching box, secondo la classica configurazione realizzata normalmente nelle stazioni radio.

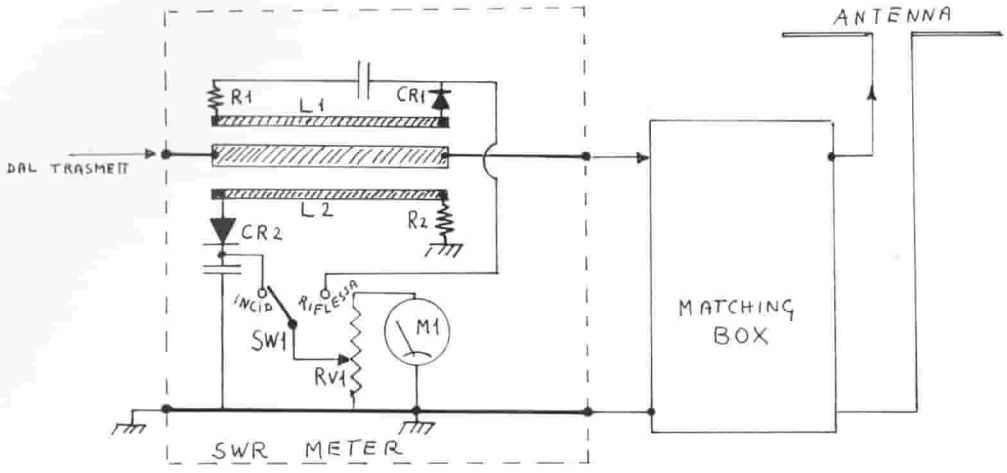


Fig. 17-13 Misuratore di ros (SWR meter).

L1 ed L2 sono costituite da due spezzoni di filo paralleli alla linea di trasmissione. Con il commutatore SW1 posto in posizione "incidente" si regola Rv1 fino a portare l'indice dello strumento a fondo scala, quindi si pone SW1 su "riflessa" che dovrà essere minima e che comunque si deve regolare per il minimo agendo sul matching box.
In appendice è riportata una tavola che fornisce le perdite d'energia per i diversi valori di SWR dalla quale si evidenzia ad esempio come per un valore SWR di 3, si trasmetta solo il 75% della potenza erogata dal trasmettitore, mentre in ricezione si abbia un segnale dimezzato (50%) rispetto al massimo utilizzabile. Un buon accordo consente di raggiungere valori SWR inferiori al 1,5 per i quali si hanno perdite in emissione non superiori al 4% e in ricezione non superiori al 20%.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 17

17-1 A quale lunghezza d'onda corrisponde la frequenza di 14.065 KHz?

17-2 Quale sarà la lunghezza complessiva di un dipolo a mezza onda che si volesse praticamente costruire per la frequenza di risonanza di 21.075 KHz?

17-3 Con un amperometro posto in serie fra un trasmettitore e l'antenna si misurano 3 Amper; sapendo che il trasmettitore emette 120 Watts; quale è la resistenza di irradiazione dell'antenna?

17-4 Ponendo un misuratore di ROS (SWR meter) fra un ricetrasmittitore e l'antenna, misuriamo un valore SWR = 2. Servendoci della tavola riportata in appendice e sapendo che la potenza erogata dal trasmettitore è di 150 Watt rileviamo nell'ordine:
A) La potenza irradiata;
B) La corrispondente perdita in dB;
C) Il coefficiente di riflessione in tensione (pari alla riduzione del segnale ricevuto)?

RISPOSTE

17-1 = 21.329 m
17-2 = 6,761 m
17-3 = 13,33 Ω
17-4 = A)= 150.0,88= 132 Watt; B)= 0,5 dB; C)= 0,33, significa che un segnale di 1000 μV si riduce a 1000 — 330= 670 μV.

CAPITOLO XVIII ▸ **La propagazione delle onde radio**

▸ **Propagazione in funzione della frequenza delle onde radio**

LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE RADIO

La tipica domanda che viene rivolta ai venditori di apparecchi ricetrasmittenti è: "a quale distanza massima posso collegarmi con quest'apparecchio"? È una domanda per la quale non esiste risposta: ogni casa costruttrice può infatti fornire dati sulla potenza, sulla sensibilità, selettività e altre caratteristiche importanti dei suoi apparati, ma una garanzia sulla distanza di collegamento sarebbe in ogni caso contestabile poichè essa dipende da fattori variabili nel tempo e condizionati da situazioni ambientali non predeterminabili.

Può succedere infatti che con due deboli "Walkie-talkie" si riesca a collegarsi a decine di kilometri in un certo giorno e nemmeno a qualche kilometro in altri giorni; e succede spesso di collegare stazioni lontane centinaia di kilometri e non riuscire nel contempo a collegare stazioni, operanti sulla medesima frequenza, vicine o vicinissime.

I fenomeni di propagazione, combinati a fenomeni di riflessione o di assorbimento dovuti ad ostacoli terrestri o atmosferici condizionano in modo rilevante la possibilità di collegamenti fra stazioni ricetrasmittenti.

Lo studio della propagazione alle varie frequenze e nelle varie stagioni dell'anno, nonchè alle diverse ore del giorno, ha costituito fin dalla nascita della radio oggetto di studio per ricercatori e sull'argomento sono andate formandosi statistiche e realizzandosi prove d'ogni genere volte a formulare previsioni, che tuttavia ancor oggi non sono in grado d'offrire precise garanzie ai radiooperatori.

Per certo si sa che le onde radio si propagano nello spazio in modo abbastanza simile alla luce.

Come la luce esse si propagano sia direttamente, sia per riflessione e vengono assorbite o attenuate da ostacoli di varia natura in modo più o meno rilevante a seconda della loro frequenza.

Ponendoci in ascolto sulle onde medie, ove vengono trasmessi generalmente i programmi della radiodiffusione, possiamo subito notare che durante il giorno riusciamo ad ascoltare soltanto le emittenti locali che irradiano con notevole potenza. Durante la notte riusciamo anche a captare emittenti estere più lontane: il loro segnale giunge perchè riflesso da alcuni strati jonizzati dell'atmosfera che vengono appunto a formarsi al calar delle tenebre.

Operando su frequenze molto alte, oltre i 100 MHz si può notare che un trasmettitore posto molto alto, ad esempio su di una montagna, può collegare stazioni anche a centinaia di kilometri, mentre se viene frapposto

un ostacolo di grandi dimensioni il collegamento diviene impossibile anche impiegando elevate potenze. Tuttavia, sempre su frequenze elevate sono realizzabili collegamenti intercontinentali via satellite; quindi facendo riflettere sul satellite i segnali trasmessi.
Nella gamma delle onde corte, dai 3 ai 30 MHz, grazie alle riflessioni offerte a vari strati atmosferici che si jonizzano, sono possibili collegamenti a grandi o grandissime distanze anche con l'impegno di potenze modeste e di antenne a basso guadagno. In tale campo di frequenza l'onda diretta viene ad annullarsi già a pochi kilometri dall'antenna emittente per l'assorbimento dovuto al terreno, ma l'onda che viaggia verso lo spazio raggiunge uno o più strati jonizzati dell'atmosfera che la rifletteranno verso terra a distanze talvolta enormi, superando montagne, mari ed ogni altro ostacolo naturale od artificiale.
È noto che le navi sono in grado di collegarsi con stazioni terrestri praticamente da qualsiasi distanza poichè dispongono di apparati operanti in varie bande di frequenza nel campo 3 ~ 30 MHz; precisamente le loro bande operative sono 4-6-8-12-16-22-28 MHz; a seconda della zona, della stagione, dell'ora e delle condizioni di propagazione l'operatore sceglie la banda più adatta per il collegamento che risulterà quasi sempre realizzabile. Ovviamente anche le stazioni terrestri sono contemporaneamente in ascolto sulle bande citate per intercettare le chiamate in arrivo.
In collegamenti a grande distanza, un particolare fenomeno detto "Fading" (evanescenza), rende l'intensità dei segnali ricevuti variabile a causa della diversa fase con cui essi giungono all'antenna per riflessione su diversi strati jonizzati e per variazioni momentanee nella consistenza degli stessi strati: se il segnale è sufficientemente forte la comprensibilità dei segnali non risulta comunque compromessa; in alcuni impianti di ricezione si ricorre alla combinazione di due antenne poste a notevole distanza fra loro in modo che il segnale ricevuto venga automaticamente prelevato da quella che lo capti con maggiore ampiezza; questo è praticamente l'unico sistema per ridurre l'effetto "Fading".

PROPAGAZIONE IN FUNZIONE DELLA FREQUENZA DELLE ONDE RADIO

GAMMA	CARATTERISTICHE	IMPIEGHI	DISTANZE TIPICHE DI COLLEGAMENTO
30 ~ 100 kHz (onde lunghissime)	Propagazione diretta. Scarsissima propagazione per riflessione. Si propagano anche in corpi solidi e nell'acqua.	Sonde industriali. Segnalazioni subacque.	Da qualche kilometro ad alcune decine di kilometri se emesse con grandi potenze.

101 ~ 560 kHz (onde lunghe)	Propagazione diretta. Scarsa propagazione per riflessione che si manifesta nelle ore notturne.	Radiofari aeronavali. Comunicazioni telegrafici e media distanza. Radiodiffusione per media distanza.	Da qualche decina di kilometri fino a 200~300 kilometri.
561 ~ 1800 kHz (onde medie)	Propagazione diretta. Discreta propagazione per riflessione in ore notturne.	Radiodiffusione per media distanza.	Da qualche decina di kilometri fino a 300~500 kilometri.
1801 ~ 3000 kHz (onde medio-corte)	Propagazione diretta. Discreta propagazione per riflessione sia diurna che notturna.	Comunicazioni telegrafiche e telefoniche per distanze medie-lunghe.	Da qualche decina di kilometri fino a 100~200 kilometri.
3001 ~ 6000 kHz (onde corte)	Scarsa propagazione diretta. Propagazione per riflessione discreta in ore diurne e buona in ore notturne.	Comunicazioni telegrafiche e telefoniche e radiodiffusione su distanze medio-lunghe.	Da qualche centinaio di kilometri fino a oltre 1000 km in ore notturne e in periodi dell'anno particolari.
6 ~ 25 MHz (onde molto corte)	Scarsissima propagazione diretta. Propagazione per riflessione quasi a tutte le ore, variabile con le stagioni e non facilmente prevedibile.	Comunicazioni telegrafiche e telefoniche e radiodiffusione su distanze grandi o grandissime.	Fino a diverse migliaia di kilometri.
25 ~ 50 MHz (onde cortissime)	Discreta propagazione diretta. Propagazione per riflessione solo in determinate ore, non facilmente prevedibile.	Comunicazioni telefoniche a breve distanze, con piccole potenze.	Da qualche decina di kilometri (a qualsiasi ora) fino a migliaia di kilometri in particolari momenti di propagazione.

50 ~ 500 MHz (onde ultracorte)	Buona propagazione diretta. Quasi nulla la propagazione per riflessione. Possibilità di impiegare ponti ripetitori situati su punti elevati o su satelliti.	Comunicazioni telefoniche a brevi distanze con piccole potenze. Servizi radiomobili o d'allarme. Radiodiffusione locale.	Da qualche kilometro fino a oltre 100 km senza impiego di ponti ripetitori.
500 ~ 3000 MHz (microonde)	Ottima propagazione diretta, purchè ottica, senza ostacoli frapposti. Quasi nulla la propogazione riflessa, ma adattissime per impiego di ripetitori. Si verificano riflessioni anche su ostacoli naturali o artificiali.	Comunicazioni cittadine e radiomobili su brevi distanze trasmissioni radiotelefoniche e televisive da punti elevati o via satellite.	Fino a qualche kilometro senza ripetitori. Distanze anche intercontinentali con impiego di satelliti.
3 ~ 30 GHz (microonde)	Propagazione diretta solo ottica. Qualsiasi ostacolo, anche nubi, tende a riflettere o ad assorbire l'onda.	Radars e altri strumenti di radiolocalizzazione. Comunicazioni e telecomandi via satellite.	Fino a qualche kilometro senza ripetitori.

Il sintetico specchietto offre un quadro generale e piuttosto grossalano sulla propagazione delle radioonde in funzione della loro frequenza, e sui loro principali impieghi. È evidente come le gamme 3~25 MHz siano le più adatte per collegamenti e sperimentazioni a grandi distanze e come, salendo di frequenza, le radioonde si comportino sempre più in modo analogo alla luce.
Un grande effetto viene esercitato sulle radioonde dalla curvatura terrestre, che sulla distanza agisce da schermo per l'onda diretta.
A titolo esemplificativo supponiamo di trasmettere da un'antenna (T) alta 150 metri in posizione libera da ostacoli, come illustrato in fig. 18-1.
L'onda diretta viene a risultare tangente alla terra nel punto A. Quindi nel tratto T-A qualsiasi antenna ricevente è in grado di captare il segnale per onda diretta.
Una semplice formula è in grado di fornire la massima distanza di collega-

mento ottico in funzione dell'altezza dal suolo della antenna trasmittente (ht) e ricevente (hr):

max distanza ottica (in metri) = 3550 ($\sqrt{ht} + \sqrt{hr}$).

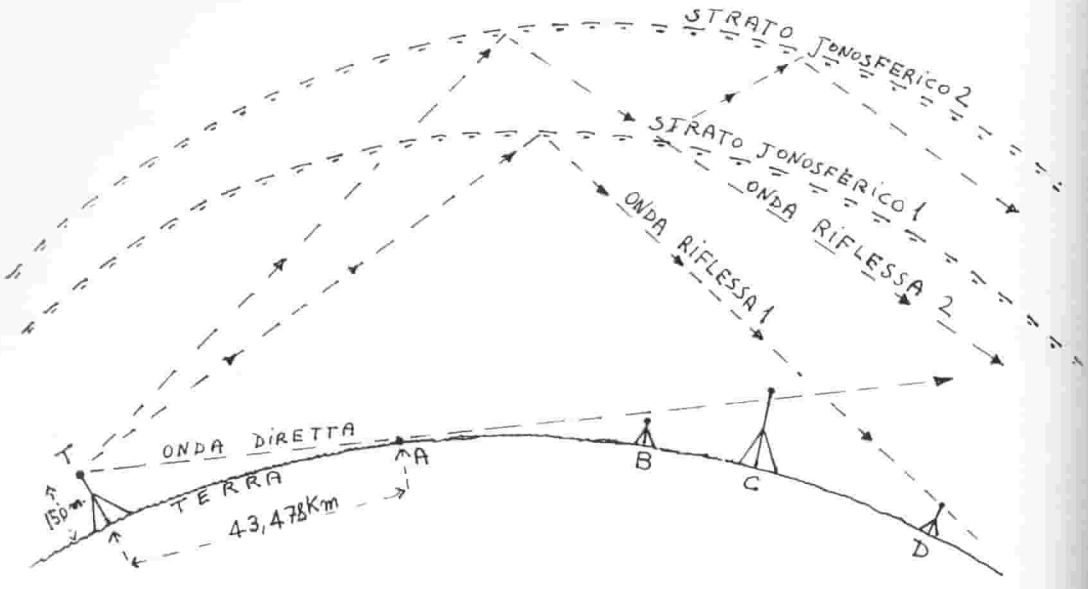


Fig. 18-1 Esempio di propagazione per onda diretta e riflessa.

Per cui nell'esempio di fig. 18-1 possiamo calcolare che il tratto T-A sarà:

$3550 \cdot (\sqrt{150} + \sqrt{0}) = 3550 \cdot 12{,}247 = 43\,478$ m

ossia fino alla distanza massima di 43,478 km il segnale trasmesso dall'antenna T potrà essere ricevuto direttamente.

L'antenna ricevente B non è invece in grado di ricevere l'onda diretta perchè troppo bassa rispetto al suolo, mentre sarà in grado di riceverla l'antenna C, trovandosi in posizione molto più elevata.

L'antenna D, pur elevata dal suolo quanto la B e molto più lontana è invece in grado di ricevere l'onda riflessa dallo strato jonosferico 1 e altre antenne molto più lontane potrebbero ricevere l'onda riflessa dallo strato jonosferico 2.

Mentre l'onda riflessa non è facilmente calcolabile, ai fini della massima distanza di collegamento, la formuletta ci consente di calcolare con maggior attendibilità la possibilità di collegamento per onda diretta fra due o più stazioni.

Se, sempre ad esempio, due radioamatori avessero le antenne situate ciascuno su di uno stabile alto 30 metri, in una pianura, sarebbero quasi certi di potersi collegare per onda diretta fino alla massima distanza di:

$3550 \cdot (\sqrt{30} + \sqrt{30}) = 3550 \cdot (5{,}47 + 5{,}47) = 3550 \cdot 10{,}34 = 38837$ m

Per 38 km il loro collegamento verrebbe quindi assicurato in ogni condizione, mentre se uno dei due radioamatori operasse da una vettura, con l'antenna, quindi a circa 2 metri dal suolo, la distanza massima si ridurrebbe a

$$3550 \cdot (\sqrt{30} + \sqrt{2}) = 3550 \cdot (5{,}47 + 1{,}41) = 3550 \cdot 6{,}884 = 24{,}439 \text{ m}.$$

Ovviamente l'influenza negativa di ostacoli schermati quali centri abitati, costruzioni od altro ridurrebbe la portata teorica.

Moderno ricetrasmittente per onde corte: può operare sull'intera gamma da 0,5 a 30 MHz in tutti i tipi di modulazione (AM-FM-SSB-CW). È dotato di frequenziometro e di particolari circuiti selettivi e filtranti.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 18

18-1 Se tu volessi installare una stazione radio per comunicazioni a grandissima distanza, senza ponti ripetitori, quali gamme di frequenza sceglieresti?

18-2 Le onde lunghe e medie si propagano a maggior distanza durante il giorno o durante la notte?

18-3 Trovandoti su di una vettura, con l'antenna installata a 2,5 metri dal suolo, sei in collegamento con una stazione la cui antenna si trova a 70 metri dal suolo, la zona è piana è senza ostacoli.

Quale sarà la massima distanza entro cui potrai allontanarti con la vettura mantenendo il collegamento per onda diretta?

18-4 Due imbarcazioni in mare sono in collegamento operando su gamma 156 MC, ove non si verifica propagazione per onda riflessa. Le antenne di ciascuna imbarcazione sono elevate 15 metri dal mare. A quale massima distanza potranno collegarsi?

18-5 Stai ascoltando una stazione emittente su 14 MHz che sai trovarsi lontana 800 km; avvicinandoti ad essa di 400 km sei certo di poterla ricevere ancora?

RISPOSTE

18-1 = 6 ~ 25 MHz

18-2 = Durante la notte, per effetto della riflessione ionosferica.

18-3 = circa 35 km.

18-4 = circa 27,5 km.

18-5 = No, potresti trovarti in zona ove non giunge l'onda riflessa (zona di silenzio).

CAPITOLO XIX

- **Ondametri, misuratori di frequenza**
- **Nozioni di telefonia: microfono e telefono**
- **Nozioni di telegrafia: telegrafo morse**
- **Altoparlante**
- **Realizzazione di circuiti sperimentali**
- **Cenni sulle misure e sulle riparazioni**

ONDAMETRI MISURATORI DI FREQUENZA

Lo schema di un semplicissimo ondametro ad assorbimento è riportato in fig. 19-1.

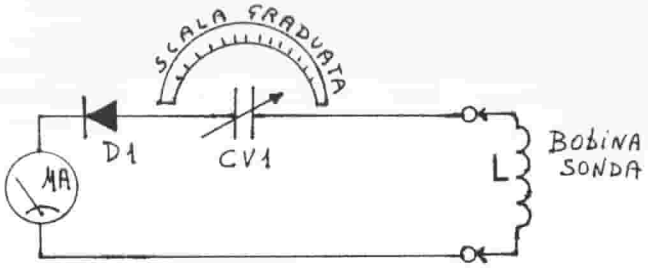


Fig. 19-1 Ondametro ad assorbimento.

L'indice a scala, sovrapposto al perno del condensatore variabile CV1, viene tracciato con accuratezza, ponendo la bobina - sonda L in prossimità di diversi oscillatori - campione. Avvicinando L a qualsiasi fonte di radiofrequenza sarà possibile misurarne il valore sulla scala ad indice quando lo strumento M1, microamperometro, segni il massimo di corrente, rivelandosi il segnale attraverso il DIODO D1. In alcuni tipi di ondametri di questo genere è possibile sostituire varie bobine per diverse bande di frequenza e sostituire i corrispondenti indici a scala sul condensatore variabile.
Qualsiasi ricevitore con l'indice di frequenza ben tarato e dotato di calibratore costituisce di per se stesso un ondametro.
Attualmente gli ondametri ad assorbimento sono caduti in disuso, sostituiti dai moderni frequenzimetri, digitali, detti contatori o "counters", in grado di misurare con altissima precisione frequenze fino ad alcuni GHz.
Essi provvedono a trasformare le sinusoidi della radiofrequenza da misurare in stretti impulsi, che vengono contati di secondo in secondo automaticamente da un preciso cronometro a quarzo contenuto nel counter.
Viene così fornita la lettura in cifre del numero di impulsi contati nel secondo di tempo, ossia l'esatta frequenza.
Molti moderni ricevitori professionali dispongono di counter interno che rende superflui altri tipi di calibratori.
Sono ancora usati ondametri ad assorbimento, con relativa scala graduata, per applicazioni in microonde sopra i 10 GHZ, data la difficoltà di impiegare counters su frequenze tanto elevate.

Il funzionamento della cuffia telefonica e del microfono in generale è già stato ampiamente descritto.
Va ricordato che i microfoni possono essere dei seguenti tipi:

a) MAGNETICI:
sostanzialmente identici alla cuffia elettromagnetica, trasducono le vibrazioni sonore in corrispondenti segnali elettrici. Non abbisognano di alimentazione.

b) PIEZOELETTRICI:
Un cristallo, compresso dalle vibrazioni sonore le trasduce in corrispondenti segnali elettrici.
Hanno alto rendimento, non sono molto fedeli, e non abbisognano di alimentazione.

c) A CONDENSATORE:
Una capacità, mantenuta a tensione costante da una batteria, viene modificata dalle vibrazioni sonore e produce corrispondenti variazioni elettriche ai capi di una resistenza; sono molto fedeli e di alto rendimento.

d) A CARBONE:
Ancora usati in telefonia.
Sono in pratica una resistenza il cui valore varia a seconda delle vibrazioni sonore. Sono costituiti da un gran numero di granuli di carbone pressati sotto una membrana sensibile; alle vibrazioni sonore la pressione della membrana varia provocando variazioni nella posizione dei granuli e quindi nella resistenza complessiva ai capi del microfono, nel quale scorre la corrente immessa da una batteria.
Il microfono a carbone è ancora usato nella maggior parte dei sistemi telefonici, ben prestandosi alla riproduzione della voce umana e offrendo un alto rendimento.
In figura 19-2 è riportato lo schema di principio del telefono.

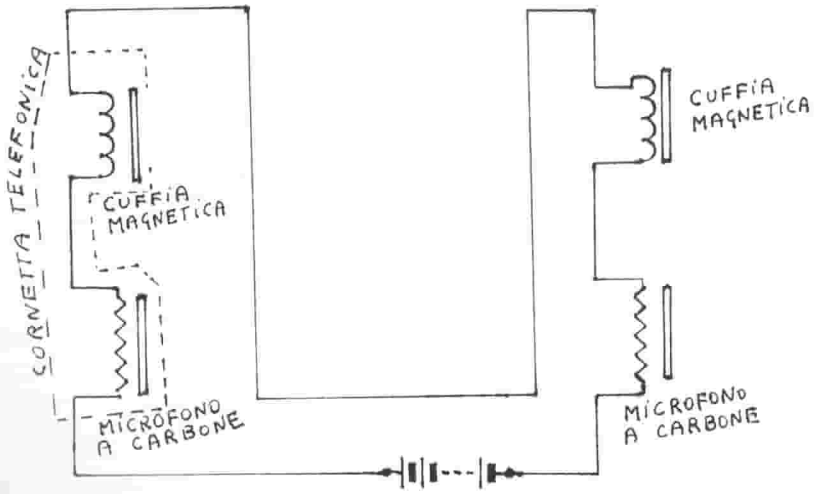


Fig. 19-2 Schema di principio di telefono.

Una batteria posta in serie a due cornette telefoniche composte ciascuna da una cuffia magnetica (ricevitore) e da un microfono a carbone (trasmettitore) fornisce corrente all'intero circuito, corrente che varierà al variare della resistenza dei microfoni sottoposti alle vibrazioni della voce e si ritradurrà in suoni corrispondenti nelle cuffie magnetiche.
Negli impianti di telefonia ciascun utente è direttamente collegato, mediante una coppia di fili, alla centralina telefonica che provvede a collegarlo, a mezzo di appositi relais-selettori,all'altro utente desiderato con preavviso in corrente alternata per attivare una suoneria.

NOZIONI DI TELEGRAFIA: TELEGRAFO MORSE

La telegrafia esisteva già molti anni prima dell'invenzione della radio e, grazie alla semplicità e praticità del sistema non è ancora stata completa**mente soppiantata dai più moderni sistemi di telecomunicazione.**
In fig. 19-3 è schematizzato un semplice telegrafo morse.

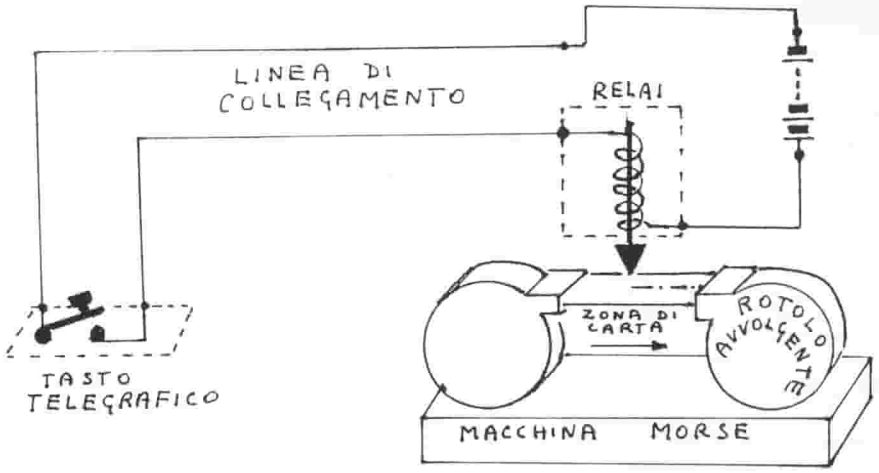


Fig. 19-3 Telegrafo morse.

Il relai,dotato di pennino intriso d'inchiostro segna una zona di carta che scorre fra due rotoli, quando il circuito viene chiuso dal tasto telegrafico: si ottiene così un efficiente sistema di scrittura a distanza.
Poter comporre qualsiasi carattere o numero, e quindi qualsiasi parola, usando semplicemente dei punti e delle linee sembra forse cosa da poco, ma è invece un'alta espressione di genialità, ripresa dalla moderna tecnica digitale, essenziale nei computers, ove tutti i comandi sono combinati con due sole situazioni: acceso e spento, paragonabili al punto e linea del vecchio tasto morse.
L'apprendimento dell'alfabeto morse e l'acquisizione di sufficente pratica nella manipolazione del tasto telegrafico nonchè nella ricezione ad udito necessaria in radiotelegrafia richiede un certo esercizio da parte degli operatori, tuttavia esistono tasti automatici in grado di formare punti e linee con assoluta precisione e tastiere codificatrici, nonchè decodificatori automatici in grado di trasformare lettere in segnali morse e quindi ritradurli in

lettere, che evitano all'operatore la fatica dell'apprendimento.

ALTOPARLANTE

La classica cuffia telefonica elettromagnetica, che ben si presta data l'alta sensibilità alla ricezione di segnali deboli e che offre il vantaggio di isolare l'operatore dai rumori dell'ambiente circostante, funziona su principio identico a quello in uso per gli altoparlanti, trasduttori in grado di ritradurre in suono, con potenza elevata i segnali elettrici ad essi applicati.

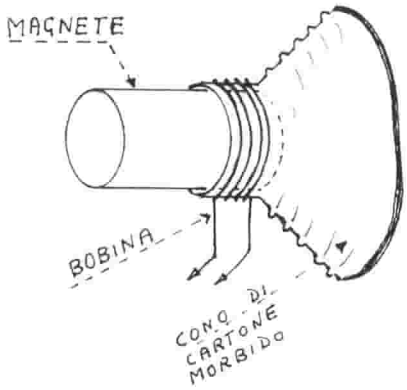


Fig. 19-4 L'altoparlante.

Come illustrato in fig. 19-4, un forte magnete viene introdotto in un cono di cartone sulla cui estemità cilindrica è avvolta una bobina di filo di rame. Applicando segnali elettrici alla bobina essa provocherà degli spostamenti lungo l'asse del magnete e conseguentemente il cono imprimerà spostamenti all'aria circostante trasducendo in suono i segnali elettrici applicati alla bobina, detta appunto "bobina mobile".
Mentre nella cuffia elettromagnetica la bobina è fissa e avvolta attorno ad un magnete, provocando vibrazioni in una lamina metallica posta in prossimità, nell'altoparlante è la bobina stessa a trascinare l'elemento di riproduzione del suono, ossia il cono di cartone. Anche l'altoparlante è reversibile: può funzionare da microfono inquanto se il cono viene sollecitato da suoni avremo ai capi della bobina mobile un corrispondente segnale elettrico.
A differenza delle cuffie, gli altoparlanti presentano un impedenza molto bassa; le bobine mobili usuali offrono impedenze standardizzate di 4 ohm o di 8 ohm ovvero, più raramente, di 16 ohm. Esistono altoparlanti, anche di piccole dimensioni, in grado di tollerare potenze superiori a 20 Watt, mentre per impieghi in alta fedeltà esistono combinazioni di altoparlanti in grado di esaltare determinate bande di audiofrequenze con potenze superiori a diverse centinaia di Watt.

REALIZZAZIONE DI CIRCUITI SPERIMENTALI

Le moderne apparecchiature lasciano ormai poco spazio alla autocostruzione di circuiti di tipo amatoriale:montaggi di componenti sempre più minuscoli, su circuiti stampati ridottissimi, prevedono l'impiego di macchinari industriali non più alla portata del dilettante: non va tuttavia dimenticato che l'amatore dovrebbe sempre rimanere uno sperimentatore e dovrebbe pertanto perfezionare la propria pratica nella costruzione, nella misura, nella riparazione eventuale delle sue apparecchiature.

Non può autodefinirsi radioamatore chi non sia munito di modesti attrezzi quali:

saldatore;
pinze e cacciaviti;
tester;
cuffie telefoniche;
componenti vari.

E non si sia cimentato in qualche pur semplice costruzione di un circuito elettronico.

E' invalsa da tempo la moda di effettuare costruzioni su piastre in materiale isolante lamellato in rame, sulle quali si pratica il disegno del circuito da realizzare, con uno speciale inchiostro e quindi si immergono in uno speciale acido che asporta il rame non protetto dall'inchiostro.

Per la sperimentazione iniziale noi consigliamo una basetta di legno munita di alcuni ancoraggi, come quella illustrata nella foto; per circuiti che non presentino criticità di cablaggio, come tutti i circuiti a bassa frequenza, essa offre il vantaggio dello spazio, dell'accessibilità a misure e a facili sostituzioni di componenti, nonché al loro recupero in integrità non essendo necessario l'accorciamento di terminali.

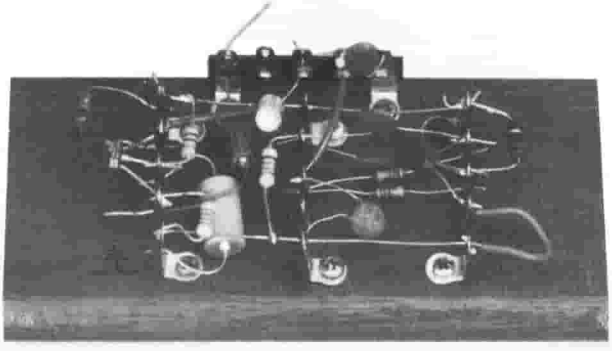


Fig. 19-5

Sulla basetta fotografata è stato realizzato il circuito dello schema di fig. 19-5: si tratta di un oscillatore audio, costituito dal transistore TR_1, amplificato dal transistore TR_2 che rende possibile l'ascolto della nota in cuffia o in altoparlante.

Esso produce una nota di circa 800 Hz/s, utile all'esercizio dell'Alfabeto Morse; Il segnale generato può inoltre utilizzarsi per il controllo di amplificatori in audiofrequenza.

Nelle saldature si raccomanda la preventiva pulizia dei terminali di ogni componente e si ricorda che le parti da saldare vanno riscaldate con la punta del saldatore per qualche secondo, prima di porre a contatto lo stagno!
La basetta munita di ancoraggi potrà essere utilizzata per altre esperimentazioni, una volta ripulita dai componenti montati.

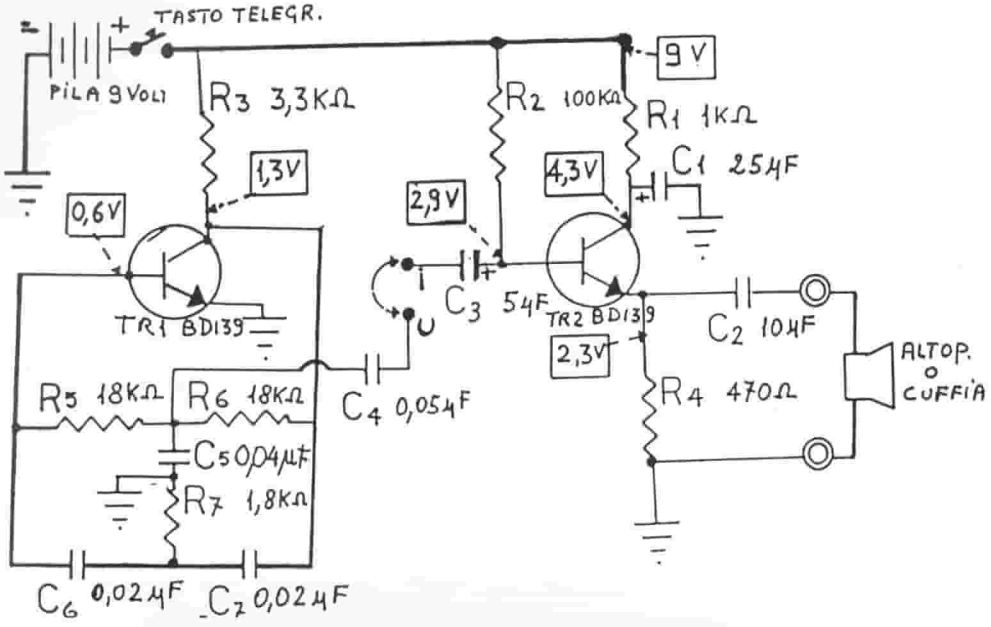


Fig. 19-5 Oscillatore amplificato per esercizio morse, tutte le tensioni sono riferite a massa.

CENNI SULLE MISURE E SULLE RIPARAZIONI

La riparazione di eventuali anomalie in un circuito radio o elettronico prevede una buona pratica nella interpretazione di misure da parte del riparatore.
Le anomalie sono classificabili in tre categorie:
1) cortocircuito;
2) interruzione;
3) dispersione.

Circa i controlli che si possono effettuare su di un circuito, essi sono eugualmente classificabili in tre categorie:
1) controllo ohmmico;
2) controllo statico (voltmetrico);
3) controllo dinamico.

Il tester di tipo passivo (analizzatore universale) rimane lo strumento più utile per

la ricerca di guasti: con esso è possibile effettuare sia il controllo ohmico che quello statico, mediante i quali è rilevabile la maggior parte di anomalie, mentre il controllo dinamico richiede l'impiego di apparecchi di misura più sofisticati, quali generatori o oscilloscopi.
Supponiamo di voler sottoporre ad un controllo statico il circuitino di fig. 19-5; regolarmente alimentato e in funzione, con il tasto telegrafico chiuso = otterremo le misure voltmetriche indicate nei riquadri sui punti segnati del circuito elettrico.
Notiamo ad esempio come la tensione base-emettitore dei due transistori sia di 0,6 V, sintomo di regolare conduzione nella giunzione dei transistori al silicio. Se tale giunzione fosse interrotta la tensione risulterebbe aumentata, se fosse in cortocircuito o in dispersione si avrebbe invece un azzeramento o una diminuzione della tensione.
Sempre ad esempio d'indagine notiamo la tensione sul collettore di TR2: essa ci permette di calcolare facilmente la caduta ai capi di R1 (9-4,3 = 4,7 V) e la conseguente corrente che alimenta il transistore (4,7 : 1000 = 0,0047 A); se il transistore fosse interrotto non si avrebbe scorrimento di corrente e la tensione sul collettore risulterebbe quella stessa della batteria; se invece il transistore fosse in cortocircuito, l'aumento di corrente provocherebbe maggior caduta di tensione ai capi di R 1 e la tensione di collettore ne sarebbe ridotta, come pure sarebbe ridotta o nulla la tensione fra collettore ed emettitore. Tali semplici controlli statici consentono la localizzazione del componente anomalo che può venire rimosso e controllato con l'ohmmetro.
Il nostro circuitino può da solo venir adoperato quale strumento per controlli dinamici. Se scolleghiamo il ponticello che cortocircuita i punti "u - i" dello schema otteniamo un oscillatore audio, con uscita al punto "u" che potrà venir collegata all'ingresso di amplificatori audio sui quali devono effettuarsi controlli di funzionamento. Il segnale a 800 Hz/s immesso potrà venir misurato e controllato con un oscilloscopio per il rilievo di eventuali distorsioni o attenuazioni.
Parimenti il punto "i" dello schema è l'ingresso di uno stadio amplificatore che renderà udibile in cuffia il segnale presente su qualsiasi stadio di amplificazione, consentendo la ricerca di guasti in circuiti di vario tipo.
Come si è detto il guasto in un componente può essere dovuto alla sua interruzione o al suo cortocircuito, ovvero ad una notevole variazione delle sue caratteristiche, che sovente avviene per lo stesso invecchiamento del componente, ma più frequentemente per fattori ambientali quali sbalzi di temperatura, umidità o altri agenti atmosferici, scariche elettromagnetiche ecc..
Nella riparazione bisogna aver cura di non limitarsi alla sola sostituzione del componente guasto, bensì al controllo degli altri componenti ad esso associati poiché il guasto stesso può essere stato provocato da una mutazione circuitale causata da alterazioni in altri componenti: una resistenza bruciata ad esempio è sintomo di un cortocircuito in qualche componente ad essa collegato.
Una particolare casistica riguarda i guasti dovuti a dispersione: non è insolito che un condensatore perda l'isolamento, o che un diodo lasci transitare corrente inversa, magari soltanto oltre determinate tensioni. Per tali casi il semplice controllo

ohmico non è sufficiente a rilevare l'anomalia e si rende necessaria, la combinazione di accurate indagini statico-dinamiche o di particolari strumenti per il controllo del componente specifico.
Altra categoria di anomalie è costituita da quella derivante da inneschi o autooscillazioni, per la quale, pur non essendovi componenti guasti, si rende necessaria una modifica circuitale, ovvero una modifica di cablaggio. Generalmente tali anomalie sono conseguenti a difetti di progettazione ove non si è tenuto conto ad esempio che piccole variazioni delle tensioni di alimentazione causano fenomeni di oscillazioni; ovvero che l'avvicamento di due conduttori, due piste stampate, o anche di due componenti, causano l'innesco di reazioni non previste.
La delicata fase di progettazione impone prove di vario genere per verificare la stabilità di funzionamento del circuito progettato e per ottenere l'ottimale rendimento secondo il consueto rapporto consumo - resa: compromessi non sempre facili a combinarsi!
Uno sperimentatore zelante potrebbe lavorare per settimane sul nostro circuitino di fig. 19-5, provando a modificare i valori di resistenze e condensatori fino ad ottimizzare la resa del circuito, ottenendo una nota più pura o più gradevole o un minor consumo della batteria.
Scoprirebbe ad esempio che diminuendo il valore ohmico di R_7 otterrebbe una nota più acuta, elevandosi la frequenza dell'oscillatore.
Certamente con tali brevi cenni non ci proponiamo di insegnare le regole di progettazione o di riparazione, che richiedono una pratica ottenibile solo con anni di attività e di esperienze, ma contiamo d'aver suggerito alcune traccie di principio e speriamo vivamente che l'amatore non abbandoni la curiosità per la sperimentazione costruttiva sui circuiti usati nell'attività radiantistica.

NOTE: 1) L'oscillatore, composto da TR_1, genera un segnale di circa 800 Hz, con ampiezza 120 mV.p.p., misurabili con un oscilloscopio sul punto "μ".

2) L'amplificatore, composto da TR_2, offre un guadagno in potenza di circa 25 dB; introducendo all'ingresso (punto i) un segnale di 10 μW si otterrà all'uscita un segnale di 3160 μW (vedi la tavola sui dB in appendice)

ESERCIZI SUL CAPITOLO 19

19-1 Con quali strumenti può essere misurata la frequenza di un segnale radio?

19-2 Quali vantaggi offre la trasmissione telegrafica, rispetto alla telefonica?

19-3 Cos'è sostanzialmente un microfono a carbone?

19-4 Un microfono magnetico abbisogna di alimentazione?

19-5 Un altoparlante a bobina mobile può funzionare come microfono?

RISPOSTE

19-1 = Con l'ondametro oppure con il frequenzimetro digitale
19-2 = Semplicità di sistema; possibilità di scrittura istantanea
19-3 = Una resistenza, variabile in funzione dei suoni che la colpiscono.
19-4 = No. I segnali sonori provocano per induzione elettromagnetica una debole tensione elettrica ai capi del microfono; esso è quindi una minuscola dinamo che trasforma energia meccanica in elettrica
19-5 = Sì. Rimane valido il principio della cuffia e del microfono elettromagnetici. L'energia elettrica può trasformarsi in meccanica sottoforma di vibrazioni e viceversa

CAPO 3

REGOLAMENTI E NORMATIVE

CAPITOLO XX

- **Regolamenti e leggi in generale sulle radiocomunicazioni**
- **Il regolamento internazionale per le radiocomunicazioni: norme relative il servizio d'amatore**
- **Il regolamento nazionale per le radiocomunicazioni: norme relative il servizio d'amatore**
- **Sintesi sugli obblighi del radioamatore; esercizio della stazione d'amatore**

REGOLAMENTI E LEGGI IN GENERALE SULLE RADIOCOMUNICAZIONI

I segnali radio non conoscono frontiere e non sono facilmente localizzabili nè identificabili se chi li trasmette non rispetta delle precise norme.
Quando la radio iniziò a diffondersi in tutti i paesi del mondo, i vari governi sentirono ben presto la necessità di mettersi d'accordo fra loro con i principali obiettivi di:

a) Fissare bande di frequenza per i vari impieghi e i vari servizi.
b) Rendere identificabili le stazioni emittenti ed evitare abusi o reciproci disturbi nelle radiocomunicazioni.
c) Uniformare le normative dei vari paesi, aggiornandole alle innovazioni tecnologiche.

Venne così a crearsi un organo internazionale la "Unione Internazionale delle Telecomunicazioni" (abbreviazione UIT) con sede a Ginevra sotto il cui patrocinio i diversi governi si riuniscono periodicamente, con cadenze circa decennali, per concordare le normative in materia di radiocomunicazioni.
Già nel 1903 a Berlino una conferenza cui parteciparono nove paesi europei e gli Stati Uniti, stabiliva alcune norme, volte principalmente ad appianare le diatribe sorte tra le compagnie "Marconi" e "Telefunken". Non venne istituita dalla UIT, che comparve solo alla successiva conferenza, sempre a Berlino, nel 1906, ove si stabilì anche il famoso segnale di soccorso "SOS" e le allocazioni di frequenze per le navi.
A Londra nel 1912 la partecipazione di 43 paesi di tutto il Mondo rende obbligatorio l'uso del codice Q e fissa le norme per i rilevamenti radiogoniometrici.
Nel 1927 sono per la prima volta ammessi come osservatori i rappresentanti dei radioamatori, la IARU e si sabiliscono le loro bande di frequenza, esclusive alcune, in coabitazione con altre.
Nel 1932 a Madrid e quindi nel 1938 al Cairo si rimaneggia qualche banda di frequenza.
La conferenza di Atlantic City, tenutasi nel 1947, con partecipazione mondiale, fissa finalmente i fondamenti della regolamentazione e le allocazione dei vari servizi, sia mobili che fissi.
Nel 1959 a Ginevra, alcune modifiche alle precedenti norme, considerano anche le nuove bande VHF - UHF trascurate nelle conferenze precedenti.
Alla Conferenza UIT del 1979 partecipano 150 paesi.

1992? E' prevista per tale data la conferenza mondiale UIT che forse rivoluzionerà le attuali normative data la diffusione di apparati automatici controllati da computer e dei ripetitori satellitari.
La UIT provvede non solo a preparare piani, indagini e statistiche da sottoporre ai governi interessati, contribuendo alla formazione delle stesse norme ma anche a pubblicare e diffondere nelle principali lingue (inglese-francese-spagnolo) sia le norme stesse come pure gli elenchi di stazioni, gli elenchi di servizi quali radiofari, e stazioni dedite alla emissione di bollettini meteorologi, etc.
Si potrebbe osservare che la UIT è attualmente uno fra i pochissimi organi internazionali veramente efficienti.
Esiste quindi un Regolamento Internazionale sulle radiocomunicazioni cui dovrebbero uniformarsi normativamente tutti i paesi, e per il vero, salvo qualche eccezione, esso viene rispettato internazionalmente essendo interesse di tutti che le comunicazioni siano convenientemente regolamentate e che vengano evitati reciproci disturbi ed abusi.
Ciò non toglie che ogni singolo stato, nell'ambito del suo territorio, possa regolamentare l'uso di impianti radioelettrici a seconda delle proprie esigenze e, purtroppo, delle sue visioni politiche.
Un fondamentale principio di diritto, universalmente vero, sancisce che ciascuno è libero di esercitare qualunque azione, finquando essa non contrasti con la libertà di altri.
Le normative sulle radiocomunicazioni emanate dai singoli governi dovrebbe infatti essere volte a disciplinare l'uso degli utenti di radioapparati affinchè tutti li potessero utilizzare nel miglior modo.
Sovente invece il potere costituito si arroga il diritto di esclusiva sulle radioonde, "concedendone" a sua discrezione l'uso a chi ne sia interessato e pretendendo canoni, balzelli, incombenze varie, nonchè imponendo limitazioni talvolta assurde!
Troviamo esempio di ciò proprio nel nostro attuale regolamento nazionale sulle radiocomunicazioni, meglio noto come "codice postale", emanato con Decreto del presidente della Repubblica il 29 maggio 1973 (N. 156).
Successive norme hanno integrato il codice Postale imponendo ulteriori limitazioni, controlli, tasse, omologazioni in sovente contrasto con le specifiche internazionali.
Va rilevato come alcune di tali norme siano state dichiarate incostituzionali, ma successivamente riemanate e rimesse in vigore; vere battaglie politiche e amministrative sono sorte all'apparizione delle prime stazioni private radiotelevisive di diffusione e sono com'è noto ancora in corso, poichè il potere esige il monopolio dell'informazione capillare e immediata che solo a mezzo radio può raggiungere chiunque e ovunque.
Non potendo far altro che sperare in un miglioramento della situazione normativa per l'allargamento della libertà individuale, non ci rimane che riportare gli articoli del regolamento internazionale e gli articoli del regolamento nazionale corredati dalle successive norme riguardanti il servizio d'amatore.
Va doverosamente ricordato come varie normative pratiche ma non vincolanti siano anche state stabilite dalle organizzazioni di radioamatori sparse in tutti gli stati. Per l'Italia l'organismo ufficiale che rappresenta i radioamatori, e che ne dovrebbe curare gli interessi, è chiamato A.R.I.

(Associazione Radioamatori Italiani), collegata e coordinata con associazioni analoghe d'altri paesi ed in particolare con la I.A.R.U. (International Amateur Radio Union) che prende parte alle riunioni della UIT in nome dei radioamatori di tutto il mondo.
Sul numero effettivo dei radioamatori si son udite molte cifre, ma è necessario sottolineare come non tutti i radioamatori siano dotati di licenza, per cui alcuni appassionati si limitano all'ascolto e alla sperimentazione con grande impegno ma senza seguire formalità alcuna.
Un dato certo, riscontrabile nel "Call Book" dell'anno 1978, ci dice che i radioamatori sulla terra dotati di licenza erano 624.225! (Nel 1919, in America ne esistevano circa 7.000).
Ciò non significa che a tale numero non debbano aggiungersi, quali appassionati di radiotecnica ed operatori radio ad ogni effetto, i milioni di cultori della "banda cittadina", i famosi "Citizien's band-CB", per i quali è stata prevista una particolare licenza d'esercizio in quasi tutti i paesi del mondo, ancorchè costoro vedano nella radio più un mezzo di diffusione del pensiero che un campo scientifico entro cui effettuare sperimentazioni.

IL REGOLAMENTO INTERNAZIONALE PER LE RADIO COMUNICAZIONI: NORME RELATIVE AL SERVIZIO D'AMATORE

Il servizio d'amatore è contemplato nell'articolo 32 del regolamento internazionale che riportiamo per intero:
Art. 32 (ex art. 41):
Servizio d'amatore e servizio d'amatore via satellite. Sezione I: Servizio d'amatore.

1) Le radiocomunicazioni fra stazioni d'amatore di differenti paesi saranno vietate se l'amministrazione di uno di tali paesi abbia notificato di opporsi alle predette radiocomunicazioni.

2) Quando le trasmissioni fra stazioni d'amatore di paesi diversi sono permesse, esse devono essere limitate a messaggi in linguaggio **comprensibile,** di natura tecnica e di carattere personale, il cui contenuto, data la poca importanza, non giustifichi l'impiego del servizio di telecomunicazioni pubbliche.
È assolutamente vietato per le stazioni d'amatore l'impiego per contoterzi a comunicazioni internazionali.
Le disposizioni di cui sopra possono comunque venir modificate da speciali accordi fra le amministrazioni dei paesi interessati.

3) Gli operatori di stazioni d'amatore devono dar prova di saper ricevere ad udito, e trasmettere correttamente testi in codice morse. Le amministrazioni interessate **possono non pretendere tale conoscenza** soltanto per le stazioni operanti su frequenze **superiori ai 30 MHz.**

Le amministrazioni prenderanno i provvedimenti che giudicheranno necessari per verificare le qualifiche tecniche ed operative di ogni persona che desideri operare su apparecchiature di stazione d'amatore.

4) La massima potenza di una stazione d'amatore sarà fissata dall'amministrazione del paese interessato, con riguardo alla qualifica tecnica dell'operatore e delle condizioni in cui la stazione si trovi ad operare.

5) Tutte le regole generali della Convenzione e quelle di questo regolamento saranno applicate per le stazioni d'amatore.
In particolare le frequenze emesse dovranno risultare di stabilità e di purezza da emissioni spurie tali da uniformarsi al progresso tecnico.
Durante la trasmissione le stazioni d'amatore dovranno emettere il loro nominativo frequentemente.
Sezione II. Servizio d'amatore via satellite.

6) **Le disposizioni della sezione I del presente articolo saranno applicate,** quando opportuno, anche per il servizio amatoriale impiegante satellite.

7) **Le stazioni spaziali del servizio d'amatore satellitare, operanti su bande ripartite con altri servizi, dovranno essere controllate con appositi dispositivi** per l'eventualità che interferenze nocive siano registrate in accordo alla procedura descritta nell'articolo 22.

Le Amministrazioni che hanno autorizzato le summenzionate stazioni spaziali informeranno il IFRB e si assicureranno che i comandi delle stazioni terrestri siano adeguati per garantire l'interruzione delle emissioni nocive interferenti di cui siano informate, come stabilito e previsto all'articolo 29. (2612).

Riportiamo gli articoli del regolamento internazionale per i quali è obbligatoria la conoscenza da parte degli operatori di stazione di radioamatore, stralciati dal regolamento stesso.

Regolamento internazionale per le radiotelecomunicazioni conferenza U.I.T. del 1959 e successive fino al 1982

Art. 1 · DEFINIZIONI

Stazione

Uno o più trasmettitori o ricevitori, o un complesso di trasmettitori e ricevitori, compresi gli apparati accessori, necessari per effettuare un servizio di radiocomunicazione in un determinato punto. Ogni stazione è classificata in base al servizio che disimpegna in modo permanente o temporaneo.

Servizio d'amatore

Servizio d'istruzione individuale, d'intercomunicazione e di studio tecnico, effettuato da persone debitamente autorizzate, che s'interessano della tecnica della radioelettricità a titolo esclusivamente personale e senza interesse pecuniario.

Stazione d'amatore

Stazione del servizio d'amatore.

Frequenza assegnata ad una stazione

Centro della banda di frequenze assegnata ad una stazione.

Tolleranza di frequenza

Scarto massimo ammissibile fra la frequenza assegnata e la frequenza situata al centro della banda occupata da una emissione o fra la frequenza di riferimento e la frequenza caratteristica di una emissione. La tolleranza di frequenza è espressa in milionesimi di hertz, o in Hz.

Larghezza di banda occupata

Larghezza della banda di frequenze tale che al di sotto della frequenza limite inferiore e al di sopra della frequenza limite superiore, siano irradiate potenze medie pari allo 0,5% della potenza media totale irradiata con una data emissione.

Potenza di una radiotrasmettitore

Ogni qualvolta sia menzionata la potenza di un trasmettitore radioelettrico, ecc., essa dovrà essere indicata con una delle seguenti espressioni:
— potenza di cresta (Px)*
— potenza media (Py)*
— potenza dell'onda portante (Pz)*

Potenza di cresta

Media della potenza fornita alla linea di alimentazione dell'antenna da un trasmettitore in normali condizioni di funzionamento, durante un ciclo di alta frequenza corrispondente all'ampiezza massima dell'inviluppo di modulazione.

Potenza media

Media della potenza alla linea di alimentazione dell'antenna da un trasmettitore in normali condizioni di funzionamento, calcolata per un tempo relativamente lungo rispetto al periodo della componente di più bassa frequenza della modulazione.

In genere, si sceglierà un tempo di 1/10 di secondo, durante il quale la potenza media è al massimo.

Potenza dell'onda portante

Media della potenza fornita alla linea d'alimentazione dell'antenna da un trasmettitore durante un ciclo di alta frequenza in assenza di modulazione.

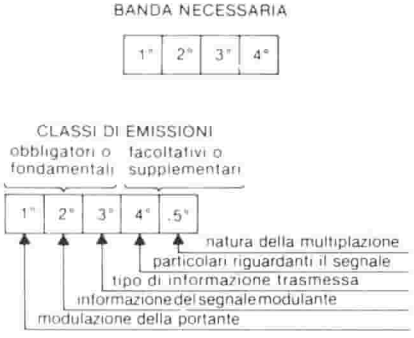
Questa definizione non si applica alle emissioni a modulazione d'impulsi.

---

* La P (maiuscola) si usa qualora la potenza sia espressa in decibel, rispetto ad un valore di riferimento.
La P (minuscola) si usa per valori espressi in Watt.

Art. 4 (ex Art. 2) - DESIGNAZIONE DELLE EMISSIONI

Le emissioni vengono designate dalla loro larghezza di banda necessaria e dalla loro classe, secondo la seguente simbologia:



LARGHEZZA DI BANDA

Per una data classe di emissione, la larghezza della banda di frequenza è quella giusto sufficiente per assicurare la trasmissone dell'informazione alla velocità e con la qualità delle condizioni stabilite.

Viene espressa mediante *tre cifre ed una lettera*.

La lettera occupa la posizione della virgola e rappresenta l'*unità* della larghezza di banda.

Il primo carattere non deve essere né la cifra *zero* né le lettere *K - M - G*.

La larghezza di banda necessaria:

entro 0,001 e 999 Hz
è espressa in Hz (lett. H)

entro 1,00 e 999 kHz
è espressa in kHz (lett. K)

entro 1,00 e 999 MHz
è espressa in MHz (lett. M)

entro 1,00 e 999 GHz
è espressa in GHz (lett. G).

Esempi:

0,002	Hz	=	H002
30,3	Hz	=	30H3
2,7	KHz	=	2K70
173,4	KHz	=	173K
173,5	KHz	=	174K
2	MHz	=	2M00
2	MHz	=	10M0
202	MHz	=	202M
5,65	GHz	=	5G65
2214	MHz	=	2G21

CLASSI DI EMISSIONI

Le emissioni sono classificate o simboleggiate da *tre caratteri fondamentali* e da due caratteristiche facoltative, come di seguito riportato.

Primo simbolo (obbligatorio)
Tipo di modulazione della portante principale

modulaz. d'ampiezza, angolare modulaz. d'impulsi

- N = assenza di modulazione (A0)
- A = doppia banda laterale
- H = banda laterale unica portante intera
- R = banda laterale unica portante ridotta
- J = banda laterale unica portante soppressa
- B = bande laterali indipendenti
- C = banda laterale vestigiate o residua (televisione)

- F = modulazione di frequenza
- G = modulazione di fase
- D = modulazione di ampiezza / frequenza o fase

- P = impulsi non modulati
- K = impulsi modulati in ampiezza
- L = impulsi modulati in durata
- M = impulsi con variazione di posizione
- Q = portante modulata in fase durante il periodo dell'impulso
- V = combinazione di quelli precedenti

- W3 combinazione: modulazione d'ampiezza frequenza o fase e d'impulsi
- X = tutti gli altri casi

Secondo simbolo (obbligatorio)
Natura o informazione del segnale
(o dei segnali)
modulanti la portante principale

- 0 = assenza di segnale
- 1 = telegrafia ad un solo canale
- 2 = un solo canale con presenza di un tono
- 3 = un solo canale analogico
- 7 = due o più canali quantizzati (o campionati)
- 8 = due o più canali di tipo analogico
- 9 = combinazione di tipo quantitativo e analogico (7 e 8)
- X = tutti i casi non compresi nei punti precedenti.

Terzo simbolo (obbligatorio)
Tipo di informazione trasmessa*

N = nessuna informazione (es. A0)
A = telegrafia per ricezione auditiva (es. A1–A1A)
B = telegrafia per ricezione automatica (telex -es. F1–F1B)
C = fac-simile
D = trasmissione dati, telemisure e telecomandi
E = telefonia (radiodiffusione sonora)
F = segnale video televisivo
W = combinazione dei casi precedenti
X = tutti i casi non compresi nei punti precedenti.

Quinto simbolo (facoltativo)

N = assenza di multiplazione
C = multiplazione di codice
F = multiplazione in frequenza (frequenze vettrici)
T = multiplazione di tempo
W = combinazione dei casi precedenti
X = casi non previsti nei punti precedenti

N.B. Quando nella designazione dell'emissione non si fa uso della simbologia facoltativa (o addizionale), al suo posto conviene mettere delle lineette.

Quarto simbolo (facoltativo)
Dettagli concernenti i segnali

A = codice bivalente, con elementi del segnale che differiscono sia in numero sia in durata
B = codice bivalente, con elementi di segnale identici in numero e in durata, senza correzione d'errore
C = come al B, con correzione d'errore
D = codice quadrivalente, nel quale ciascuno stato rappresenta un elemento di segnale
E = codice plurivalente, come in D
F = codice plurivalente, nel quale ciascuno stato o combinazione di stato rappresenta un carattere
G = suono radiofonico (monofonia)
H = suono radiofonico (stereofonia o quadrifonia)
J = suono di qualità commerciale (con l'esclusione dei punti K e L)
K = suono di qualità commerciale, con l'impiego dell'inversione di frequenza.
L = suono di qualità commerciale, con dei segnali separati modulati in frequenza per comandare il livello del segnale demodulato
M = immagine in bianco e nero
N = immagine in colore
W = combinazione dei casi precedenti
X = altri casi

Esempi: (designazione completa)

300H A1 AAN: telegrafia ad interruzione di portante per ricezione ad udito, con larghezza di banda di 300 Hz.

5K50 F3 EGN: telefonia a modulazione di frequenza di tipo monofonico, con larghezza di banda 5,5 KHz.

2K30 J3 EGN: telefonia a banda laterale unica, con larghezza di banda 2,3 KHz.

(designazione obbligatoria)

A1 A: telegrafia ad interruzione di portante per ricezione ad udito.

J3 E: telefonia con emissione a banda laterale unica.

banda/nome gamma				definizione metrica (onde)
4 - VLF	da 3	a 30	kHz	miriametriche
5 - LF	da 30	a 300	kHz	chilometriche
6 - MF	da 300	a 3000	kHz	ettometriche
7 - HF	da 3	a 30	MHz	decametriche
8 - VHF	da 30	a 300	MHz	metriche
9 - UHF	da 300	a 3000	MHz	decimetriche
10 - SHF	da 3	a 30	GHz	centimetriche
11 - EHF	da 30	a 300	GHz	millimetriche
12 -	da 300	a 3000	GHz	decimillimetriche

● **Il termine "informazione" non include informazione di natura costante, quale è l'emissione di segnali orari standard, di impulsi radar etc.**

1.800	÷ 2.000	kHz	= Regioni 2 e 3	
3.500	÷ 3.800	kHz	= Regione 1	
3.500	÷ 3.900	kHz	= Regione 3	
3.500	÷ 4.000	KHz	= Regione 2	
7.000	÷ 7.100	kHz	= Regioni 1 e 3	
7.000	÷ 7.300	kHz	= Regione 2	
14.000	÷ 14.350	kHz	= Regioni 1, 2 e 3	
21.000	÷ 21.450	kHz	= Regioni 1, 2 e 3	
28	÷ 29,7	MHz	= Regioni 1, 2 e 3	
50	÷ 54	MHz	= Regioni 2 e 3 (salvo qualche eccezione)	
144	÷ 146	MHz	= Regione 1	
144	÷ 148	MHz	= Regioni 2 e 3	
220	÷ 225	MHz	= Regione 2	
430	÷ 440	MHz	= Regione 1	
420	÷ 450	MHz	= Regioni 2 e 3	(comune con altri servizi che godono di precedenza)
1.215	÷ 1.300	MHz	= Regioni 1, 2 e 3	(comune con altri servizi che godono di precedenza)
2.300	÷ 2.450	MHz	= Regioni 1, 2 e 3	(comune con altri servizi che godono di precedenza)
5.650	÷ 5.850	MHz	= Regioni 1 e 3	(comune con altri servizi che godono di precedenza)
5.650	÷ 5.925	MHz	= Regione 2	(comune con altri servizi che godono di precedenza)
10.000	÷ 10.500	MHz	= Regioni 1, 2 e 3	(comune con altri servizi che godono di precedenza)
21	÷ 22	GHz	= Regioni 1, 2 e 3	(comune con altri servizi che godono di precedenza)
superiori a 40 GHz		=	libere	

Art. 6 (ex Art. 3) - NORME GENERALI PER L'ASSEGNAZIONE E L'IMPIEGO DELLE FREQUENZE

1 - I Membri si adopereranno per limitare il numero di frequenze e l'estensione dello spettro utilizzato al minimo indispensabile per assicurare in modo soddisfacente il funzionamento dei servizi necessari. A tal fine, essi si sforzeranno di applicare, nel minor tempo possibile, gli ultimi perfezionamenti della tecnica.

2 - I membri si impegnano a conformarsi alle prescrizioni della Tabella d'attribuzione delle bande di frequenza così come alle altre prescrizioni del presente Regolamento per assegnare frequenze a stazioni che possano causare disturbi pregiudizievoli ai servizi già assicurati alle stazioni di altri paesi.

3 - Ogni nuova assegnazione, o qualsiasi modificazione della frequenza o di altra caratteristica fondamentale di un'assegnazione esistente, deve essere fatta in modo da evitare di causare disturbi nocivi ai servizi effettuati da stazioni che usino frequenze in conformità della tabella di ripartizione delle bande di frequenza del presente Regolamento, e le cui caratteristiche siano registrate nello Schedario di riferimento internazionale delle frequenze.

4 - Le amministrazioni dei Membri e dei Membri associati dell'Unione non debbon assegnare ad una stazione frequenze in deroga alla tabella di ripartizione delle bande di frequenza del presente regolamento, se non con l'espressa riserva che non ne derivino disturbi nocivi ad un servizio effettuato da stazioni che operino attenendosi alle disposizioni della Convenzione e del presente Regolamento.

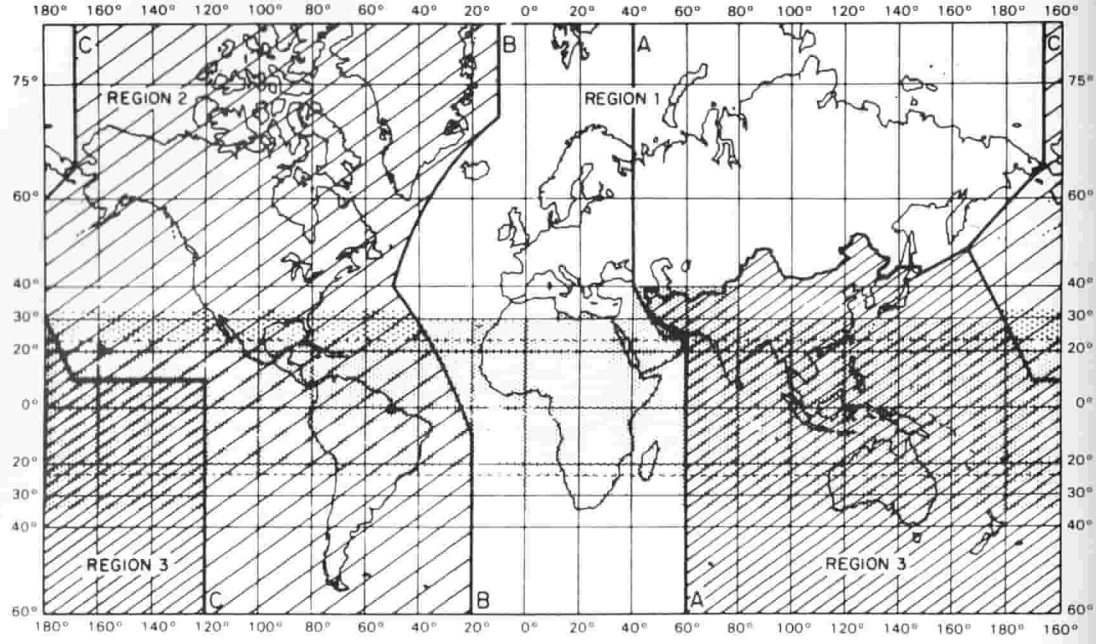
5 - La frequenza assegnata ad una stazione di un dato servizio deve essere sufficientemente lontana dai limiti della banda assegnata a detto servizio, in modo che, tenuto conto della banda di frequenza assegnata alla stazione, non siano causati disturbi nocivi ai servizi ai quali sono assegnate le bande adiacenti.

8 - Quando in Regioni o Sottoregioni adiacenti, una banda di frequenze sia assegnata a servizi diversi della stessa categoria, il funzionamento di detti servizi è basato sulla parità dei diritti.

Conseguentemente, le stazioni di ogni servizio, in una delle Regioni o Sottoregioni, debbono operare in modo da non causare disturbi nocivi ai servizi delle altre Regioni o Sottoregioni.

9 - Il contenuto delle disposizioni di queste regole non deve impedire che stazioni che si trovino in pericolo non possano ottenere tutta l'assistenza possibile, operando quindi su frequenze non a loro assegnate o con modi non concessi, pur di attirare l'attenzione e fornire la loro posizione, con ogni mezzo.

LE TRE REGIONI U.I.T.



Art. 8 (ex Art. 5) - DIVISIONE DEL MONDO IN TRE REGIONI

REGIONI E ZONE*

2 - Per l'assegnazione delle bande di frequenze, la Terra è stata divisa in tre Regioni.

Regione 1

La Regione 1 comprende la zona limitata a Est dalla linea A (vedasi qui sotto la definizione delle linee A, B, C) e a Ovest dalla linea B, eccettuati i territori dell'Iran situati entro questi limiti. Essa comprende anche la parte dei territori della Turchia e dell'Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche situata fuori di detti limiti, nonché il territorio della Repubblica popolare della Mongolia e la zona a Nord della URSS tra le linee A e C.

Regione 2

La Regione 2 comprende la zona limitata a Est dalla linea B e a Ovest dalla linea C.

Regione 3

La Regione 3 comprende la zona limitata ad Est dalla linea C e ad Ovest dalla linea A, fatta eccezione dei territori della Repubblica popolare della Mongolia, della Turchia, dell'URSS e della zona a Nord dell'URSS. Essa comprende anche la parte del territorio dell'Iran situata fuori di detti limiti.
Le linee A, B e C sono definite come segue:

Linea A

La linea A parte dal Polo Nord, segue il meridiano 40° Est di Greenwich sino al parallelo 40° Nord, poi l'arco di cerchio massimo sino al punto d'intersezione del meridiano 60° Est col Tropico del Cancro, infine il meridiano 60° Est fino al Polo Sud.

Linea B

La linea B parte dal Polo Nord, segue il meridiano 10° Ovest di Greenwich sino all'intersezione di questo col parallelo 72° Nord, poi l'arco di cerchio massimo sino al punto d'intersezione del meridiano 50° Ovest e del parallelo 40° Nord, di nuovo l'arco massimo sino al punto d'intersezione del meridiano 20° Ovest e del parallelo 10° Sud, infine il meridiano 20° Ovest sino al Polo Sud.

Linea C

La linea C parte dal Polo Nord, segue l'arco di meridiano sino al punto d'intersezione del parallelo 65°30' Nord con il limite internazionale nello stretto di Behring, poi l'arco di cerchio massimo sino al punto d'intersezione del meridiano 165° Est di Greenwich col parallelo 50° Nord sino all'intersezione di questo col meridiano 120° Ovest si-

Sotto Regione *
Costituita da un'area formata da due o più nazioni nella medesima regione.

no al Polo Sud.

3 - Per l'applicazione del presente Regolamento, il termine «*Zona africana di radiodiffusione*» designa:

a) i paesi, parti di paesi, territori e gruppi di territori africani situati fra i paralleli 40° Sud e 30° Nord;
b) le isole dell'oceano Indiano all'ovest del meridiano 60° Est, situata fra il parallelo 40° Sud e l'arco di cerchio massimo che unisce i punti di coordinate 45° Est, 11°30' Nord e 60° Est, 15° Nord;
c) le isole dell'oceano Atlantico ad est della linea B, situate fra i paralleli 40° Sud e 30° Nord.

* * *

4 - La «*Zona europea di radiodiffusione*» è delimitata: a Ovest dai limiti Ovest della Regione 1, a Est dal meridiano 40° Est di Greenwich e a Sud dal parallelo 30° Nord, in modo da comprendere la parte occidentale dell'URSS e i territori bagnati dal Mediterraneo, ad eccezione delle parti dell'Arabia e dell'Arabia Saudita che si trovano comprese in questo settore. Inoltre, l'Iraq è compreso nella Zona europea di radiodiffusione.

* * *

5 - La «*Zon europea marittima*» è delimitata: a Nord da una linea che segue il parallelo 72° Nord, dall'intersezione di questo con il meridiano 55° Est fino alla sua intersezione col meridiano 5° Ovest, segue detto meridiano 5° Ovest fino alla sua intersezione col parallelo 67° Nord, infine segue detto parallelo 67° Nord fino all'intersezione di esso col meridiano 30° Ovest; a Ovest da una linea che segue il meridiano 30° Ovest fino all'intersezione di questo col parallelo 30° Nord; a Sud fino all'intersezione di esso con il meridiano 43° Est; a Est da una linea che segue il meridiano 43° Est fino all'intersezione di questo con il parallelo 60° Nord, segue detto parallelo 60° Nord fino all'intersezione di esso con il meridiano 65° Est e infine segue detto meridiano 55° Est fino alla sua intersezione con il parallelo 72° Nord.

* * *

La «*Zona tropicale*» è definita come segue:

a) nella Regione 2, tutta la zona compresa fra i tropici del Cancro e del Capricorno;
b) nel complesso delle Regioni 1 e 2, la zona compresa fra i paralleli 30° Nord e il 35° Sud, ed inoltre:
   1) la zona compresa fra i meridiani 40° Est e 80° Est di Greenwich e i paralleli 30° Nord e 40° Nord;
   2) la parte della Libia a Nord del parallelo 30° Nord.

Nella Regione 2 la zona tropicale può essere estesa fino al parallelo 33° Nord in base ad accordi speciali conclusi fra i Paesi interessati di detta Regione.

Art. 5 (ex Art. 12) - CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI APPARATI E DELLE EMISSIONI

1 - (a) La scelta e il funzionamento degli apparecchi da utilizzarsi nelle stazioni, nonché tutte le emissioni delle stazioni stesse, devono soddisfare alle disposizioni del presente Regolamento.

(b) La scelta degli apparecchi di emissione, di ricezione e di misura, **compatibilmente con le considerazioni pratiche,** deve essere basata sui più recenti progressi della tecnica, indicati specialmente negli avvisi del C.C.I.R.

2 - Nel progettare gli apparecchi di emissione e di ricezione da utilizzarsi in una data parte dello spettro delle frequenze, dovrà essere tenuto conto delle caratteristiche tecniche dei materiali suscettibili di utilizzazione nelle regioni prossime a detto spettro.

3 - I sistemi che funzionano a modulazione d'ampiezza debbono usare, per quanto possibile le **emissioni a banda laterale unica** le cui caratteristiche siano conformi agli avvisi del C.C.I.R.

4 - (a) Le stazioni trasmittenti debbono uniformarsi alle tolleranze di frequenza stabilite.

(b) Le stazioni trasmittenti debbono uniformarsi alle tolleranze indicate **all'appendice 8* per le irradiazioni non essenziali.**

(c) Inoltre, si cercherà di mantenere le tolleranze di frequenza e il livello delle irradiazioni non essenziali ai valori più bassi consentiti dallo stato della tecnica e **dalla natura del servizio** da effettuare.

5 - Anche le larghezze di banda delle emissioni debbono essere mantenute ai valori più bassi consentiti dallo stato tecnico e dalla natura del servizio da effettuare.

L'appendice costituisce una guida per la determinazione della larghezza di banda necessaria.

6 - Per garantire l'osservanza del presente Regolamento, le amministrazioni debbono fare in modo che le emissioni delle stazioni che si trovano alle proprie dipendenze **siano sottoposto a frequenti misure.** La tecnica da applicare per dette misure dev'essere conforme ai più recenti Avvisi del C.C.I.R.

7 - Le amministrazioni devono collaborare alla ricerca e all'eliminazione dei disturbi nocivi, avvalendosi, ove occorra, dei mezzi descritti all'articolo 13 e seguendo la procedura di cui all'articolo 15.

8 - Le emissioni della classe B sono vietate in tutte le stazioni.

---

* Nell'appendice 8 il livello massimo di segnali spurii tollerato su emissioni sotto i 30 MHz, è di 40 dB attenuato rispetto il segnale portante: in ogni caso il livello di segnali spurii non dovrà superare 200 mW.

Art. 20 (ex Art. 13) - CONTROLLO INTERNAZIONALE DELLE EMISSIONI

1 - Le amministrazioni stabiliscono di continuare a estendere i mezzi di controllo delle emissioni che consentono di facilitare l'applicazione delle disposizioni del presente Regolamento e di collaborare quanto più possibile al progressivo perfezionamento di un sistema di controllo internazionale delle emissioni.

2 - Le stazioni di controllo che prendono parte al sistema di controllo internazionale delle emissioni possono essere gestite da un'amministrazione, o da una impresa pubblica o privata riconosciuta dalla propria amministrazione o da un servizio di controllo stabilito in comune da più Paesi o da un'organizzazione internazionale.

3 - Le amministrazioni debbono effettuare, nella misura che ritengono possibile, i controlli di carattere generale o particolare che possano essere loro richiesti dal Comitato internazionale di registrazione delle frequenze o da altre amministrazioni. Nel richiedere osservazioni di controllo, il Comitato e le amministrazioni debbono tener conto degli impianti di controllo indicati nella Nomenclatura delle stazioni di controllo internazionale delle emissioni (vedi articolo 20) e indicare chiaramente lo scopo per il quale vengano richieste le osservazioni e i parametri (compresi i programmi appropriati) del controllo desiderato.
I risultati dei controlli di tale natura trasmessi ad altre amministrazioni possono essere comunicati anche al Comitato, se tale comunicazione è ritenuta opportuna.

4 - Ogni amministrazione, ogni servizio di controllo stabilito in comune da più Paesi e ogni organizzazione internazionale che prenda parte al sistema di controllo internazionale delle emissioni deve designare un ufficio di raccolta, al quale debbono essere inviate tutte le domande di controllo, e per il cui tramite i risultati del controllo sono trasmessi al Comitato o agli uffici di raccolta delle altre amministrazioni.

5 - Le amministrazioni stabiliscono che le richieste di controllo fatte da organizzazioni internazionali che non prendono parte al sistema di controllo internazionale delle emissioni siano coordinate dal Comitato e, ove occorra, trasmesse per suo tramite alle amministrazioni.

6 - Le disposizioni del presente articolo non riguardano gli accordi privati di controllo, conclusi, a determinati fini, da amministrazioni, organizzazioni internazionali o imprese pubbliche e private.

7 - Le norme tecniche, di cui il C.C.I.R. raccomanda l'osservanza da parte delle stazioni di controllo, sono riconosciute dal Comitato come norme pratiche ideali per le stazioni di controllo internazionale delle emissioni. Tuttavia, per ovviare alla necessità di certi dati, le stazioni che osservino norme tecniche meno elevate possono prendere parte egualmente al sistema di controllo internazionale delle emissioni se la propria amministrazione lo desidera.

8 - Dopo aver stabilito se le norme tecniche osservate dalle proprie stazioni di controllo siano sufficienti, le amministrazioni o le organizzazioni internazionali debbono notificare al Segretario generale, ai termini dell'art. 20 e dell'appendice 9, tutte le notizie utili riguardanti gli uffici di raccolta e le stazioni suscettibili di prendere parte al sistema di controllo internazionale delle emissioni.

9 - (a) I risultati di misura trasmessi al Comitato o ad altre amministrazioni debbono comportare la valutazione della precisione ottenuta al momento nella misura.
(b) Quando il Comitato ritenga dubbi o insufficienti per le sue necessità i risultati forniti da una stazione di controllo, ne dà avviso all'amministrazione o all'organizzazione internazionale interessata, dando i particolari utili.

10 - Quando vengano richieste misure urgenti, le comunicazioni tra il Comitato e gli uffici di raccolta, e fra gli stessi uffici di raccolta, debbono essere inoltrate con i più rapidi mezzi di trasmissione.

11 - Affinché i risultati di controllo pubblicati siano di portata mondiale e recenti, le amministrazioni da cui dipendono le stazioni di controllo menzionate nella Nomenclatura delle stazioni di controllo internazionale delle emissioni (vedi articolo 20) devono fare tutto il possibile perché tutte le suddette stazioni facciano osservazioni di controllo e perché i risultati vengano comunicati al più presto al Comitato.

12 - Gli uffici di raccolta possono chiedere l'ausilio di altri uffici di raccolta per l'applicazione delle disposizioni del presente articolo e di quelle dell'articolo 15.

13 - Il Comitato tiene una lista dei risultati che gli vengono trasmessi dalle stazioni di controllo che prendono parte al sistema di controllo internazionale delle emissioni.

14 - Il Comitato compila periodicamente, per la pubblicazione da parte del Segretario generale, riassunti dei risultati di controllo utili ricevuti, ai quali unisce una lista delle stazioni che hanno fornito tali risultati.

Art. 18 e 19 DISTURBI E PROVE (ex Art. 14)

Sezione I - DISTURBI GENERALI

1 - Sono vietate a tutte le stazioni:
— le trasmissioni inutili;
— la trasmissione di segnali e di corrispondenza superflui;
— la trasmissione di segnali di cui non sia data l'identità

2 - Tutte le stazioni devono limitare la loro potenza irradiata al minimo necessario per assicurare un servizio soddisfacente.

3 - Ad evitare i disturbi:

— deve essere scelta con cura particolare l'ubicazione delle stazioni trasmittenti e, quando la natura del servizio lo permette, quella delle stazioni riceventi;
— deve essere ridotta quanto più possibile l'irradiazione in direzioni inutili, nonché la ricezione di irradiazioni da direzioni inutili, compatibilmente con la natura del servizio, utilizzando nel migliore dei modi le qualità delle antenne direttive;
— la scelta e l'utilizzazione dei trasmettitori e dei ricevitori debbono essere conformi alle disposizioni dell'articolo 5.

4 - Occorre che la classe di emissione che una stazione deve utilizzare cagioni il minimo disturbo e assicuri l'efficace utilizzazione dello spettro. A tale scopo, nello sceglierla si deve fare tutto il possibile per ridurre al minimo la larghezza di banda occupata, tenendo conto delle considerazioni pratiche e tecniche relative al servizio da assicurare.

5 - Se una stazione, nonostante soddisfi le disposizioni dell'articolo 5, produce disturbi nocivi a causa delle sue irradiazioni non essenziali, debbono essere adottati provvedimenti speciali per eliminare tali disturbi.

Sezione II - DISTURBI INDUSTRIALI

6 - Le amministrazioni debbono prendere tutti i provvedimenti necessari perché il funzionamento degli apparecchi e degli impianti elettrici di ogni specie, comprese le reti di energia, non dia luogo a disturbi nocivi a un servizio radioelettrico che funzioni in base alle norme del presente Regolamento.

Sezione III - I CASI SPECIALI DI DISTURBO

7 - Le amministrazioni che autorizzano l'uso delle frequenze inferiori a 10 kHz per speciali necessità di carattere nazionale debbono assicurarsi che non ne derivino disturbi ai servizi ai quali sono assegnate le bande di frequenze superiori a 10 kHz.

Sezione IV - PROVE

8 - (a) Prima di autorizzare prove ed esperimenti in una stazione, ogni amministrazione, allo scopo di evitare disturbi nocivi, deve prescrivere che siano prese tutte le precauzioni possibili, come, ad esempio: scelta della frequenza e dell'orario, riduzione e, se possibile, soppressione dell'irradiazione. Ogni disturbo nocivo causato da prove ed esperimenti deve essere eliminato al più presto possibile.

(b) Una stazione che effettui emissioni per prove, regolaggi o esperimenti deve trasmettere la propria identificazione, lentamente e frequentemente, secondo le disposizioni dell'articolo 19.

(c) I segnali di prova e di regolaggio devono essere scelti in modo che non possa prodursi confusione con segnali, abbreviazioni, ecc., che abbiano un significato particolare definito dal presente Regolamento o dal Codice internazionale dei segnali.

(d) Per le prove nelle stazioni dei servizi mobili, vedi i numeri 1061, 1062 e da 1293 a 1295.

Art. 21 (ex art. 16)
Rapporti sulle infrazioni

Le infrazioni alla Convenzione o ai Radioregolamenti andranno notificate alle rispettive Amministrazioni a cura dell'organizzazione di controllo o delle stazioni o ispettori che le hanno rilevate.

A questo scopo esse useranno i formulari per il rapporto specificati nell'Appendice 22. Il rapporto relativo a gravi infrazioni andrà indirizzato all'Amministrazione sotto la cui autorità si trova la stazione che ha commesso l'infrazione.

Quando un'Amministrazione è stata informata dell'infrazione commessa da una stazione a essa sottoposta, essa ha l'obbligo di accertare i fatti, fissare le responsabilità e agire con le misure necessarie.

Art. 22 (ex Art. 15) - PROCEDURA CONTRO I DISTURBI

1 - Per risolvere i problemi dei disturbi nocivi è essenziale che i Membri e i Membri associati dimostrino la massima buona volontà e il massimo spirito di collaborazione reciproca nell'applicazione delle disposizioni dell'articolo 47 della Convenzione e di quelle del presente articolo.

2 - Per risolvere tali problemi deve essere tenuto debito conto di tutti i fattori in gioco, compresi i fattori tecnici e di esercizio appropriati, per esempio aggiustamento delle frequenze, caratteristiche delle antenne di emissione e di ricezione, distribuzione nel tempo, cambio di canale nelle trasmissioni a molti canali.

3 - Quando una stazione ricevente segnali un disturbo nocivo, deve dare alla stazione disturbata tutte le informazioni utili per identificazione della causa e delle caratteristiche di disturbo.

4 - Quando è possibile, e con riserva di accordo fra le amministrazioni interessate, i problemi dei disturbi nocivi possono venire trattati direttamente dagli organi tecnici addetti all'esercizio delle stazioni.

Art. 23 (ex Art. 17) - SEGRETO

Le amministrazioni si impegnano a prendere i provvedimenti necessari per far vietare e reprimere:

a) l'intercettazione, senza autorizzazione, di radiocomunicazioni che non siano destinate ad uso generale del pubblico;
b) la divulgazione del contenuto od anche soltanto dell'esistenza, la pubblicazione o qualsiasi uso fatto, senza autorizzazione, delle informazioni di qualsiasi specie ottenute intercettando le radiocomunicazioni indicate all'a) di cui sopra.

Art. 24 (ex art. 18) - LICENZE

1 - (a) Nessuna stazione trasmittente può esse re installata o gestita da un privato, e da un'impresa qualsiasi, senza una licenza rilasciata dal governo del paese da cui la stazione dipende (vedi però i numeri 1 - b e 5 - a).

(b) Però, il governo di un Paese può concludere, con il governo di un Paese limitrofo, un accordo speciale riguardante una o più stazioni del proprio servizio di radiodiffusione o dei propri servizi mobili terrestri, che operino su frequenze superiori a 41 MHz, situate sul territorio di detto paese limitrofo e destinate a migliorare la sua rete nazionale. Detto accordo, che deve essere compatibile con le disposizioni del presente Regolamento e con quelle degli accordi regionali sottoscritti dai Paesi interessati, può prevedere eccezioni alle disposizioni del numero 1 - a) e deve essere comunicato al Segretario generale per essere portato a conoscenza, a titolo informativo, delle amministrazioni.

(c) Le stazioni mobili immatricolate in un territorio o in un gruppo di territori che non siano interamente responsabili delle proprie relazioni internazionali possono considerarsi, per il rilascio delle licenze, dipendenti da detto territorio o gruppi di territori.

2 - Il titolare di una licenza **deve serbare il segreto delle telecomunicazioni,** come è indicato all'articolo 34 delle Convenzione. Inoltre, dalla licenza deve esser specificato, direttamente o indirettamente che, se la stazione è provvista di un ricevitore, è vietato intercettare corrispondenze di radiocomunicazioni diverse da quelle che la stazione è autorizzata a ricevere e chen nel caso che tali corrispondenze fossero involontariamente ricevute, esse non devono essere né riprodotte, né comunicate a terzi, né messe a profitto per uno scopo qualsiasi, e non deve essere rivelata neppure la loro esistenza.

3 - Allo scopo di facilitare la verifica delle licenze rilasciate a stazioni mobili, sarà aggiunta, se del caso, al testo redatto nella lingua nazionale, la traduzione in una lingua il cui uso sia molto diffuso nelle relazioni internazionali.

4 - (a) Il governo che rilascia la licenza a una stazione mobile vi indica in modo preciso lo stato segnaletico della stazione, compreso il nome, l'indicativo di chiamata e la categoria nella quale essa è classificata come pure le caratteristiche generali dell'impianto.

(b) Per le stazioni mobili terrestri, verrà inserita nella licenza una disposizione che specifichi direttamente o indirettamente che l'esercizio di dette stazioni sui territori di paesi diversi da quello che ha rilasciato la licenza è vietato, salvo accordo speciale tra i governi dei Paesi interessati.

5 - (a) In caso di nuova immatricolazione di una nave o di un'aeronave, in circostanze tale che il rilascio di una licenza da parte del Paese nel quale la nave o l'aeronave sarà immatricolata dovesse veramente portare a un ritardo, la amministrazione del Paese dal quale la stazione mobile desideri iniziare la sua traversata o il suo volo può, a richiesta della compagnia dalla quale la stazione dipende, può rilasciare un'attestazione comprovante che la stazione risponde alle clausole del presente Regolamento. Il certificato, redatto nella forma stabilita dall'amministrazione chel o rilascia, deve contenere lo stato segnaletico indicato al numero 4 (a) Art. 18, ed è valido solo per la traversata o per il volo a destinazione del Paese dove la nave e l'aeronave sarà immatricolata; in qualsiasi caso, la sua validità scade dopo tre mesi.

(b) L'amministrazione che rilascia l'attestazione deve avvisare dei provvedimenti adottati l'amministrazione competente a rilasciare la licenza.

(c) Il titolare dell'attestazione deve soddisfare alle clausole del presente Regolamento applicabili al titolare di una licenza.

Art. 25 (ex art. 19) IDENTIFICAZIONI DELLE STAZIONI

Sezione I - DISPOSIZIONI GENERALI

1 - (a) È vietato a tutte le stazioni trasmettere senza segnale d'identificazione o con un falso segnale d'identificazione.

(b) Però le stazioni di mezzo di salvataggio, quando trasmettono automaticamente il segnale di pericolo, non sono tenute a trasmettere il segnale d'identificazione.

2 - Una stazione può essere identificata, sia con un indicativo di chiamata sia con tutti gli altri procedimenti d'identificazione ammessi. Fra questi, si può trasmettere, per ottenere un'identificazione completa, una o più delle seguenti indicazioni: nome della stazione, ubicazione della stazione, nome di chi gestisce la stazione, contrassegni ufficiali d'immatricolazione, numero di riconoscimento del volo, segnale caratteristico, caratteristiche dell'emissione, o qualsiasi altra caratteristica distintiva che possa essere identificata con facilità da tutti i Paesi.

3 - Per poter essere identificata, ogni stazione deve trasmettere il proprio segnale di identificazione il più spesso possibile durante le proprie emissioni, comprese le emissioni di prova, di regolaggio o sperimentali. Durante le emissioni, il segnale d'identificazione deve essere trasmesso almeno una volta ogni ora, preferibilmente nei dieci minuti che precedono e seguono ogni ora intera (T.M.G.), a meno che ciò dia luogo a un grave intralcio del traffico. Per soddisfare a tali condizioni di identificazione, le amministrazioni sono vivamente pregate di prendere tutti i provvedimenti necessari per utilizzare, in conformità degli Avvisi del C.C.I.R., ogni volta che sia possibile, i procedimenti di identificazione per sovrapposizione.

4 (a) La trasmissione dei segnali d'identificazione deve essere effettuata con procedimenti che,

lemm ANTENNE

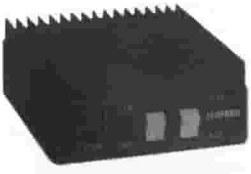
il prodotto firmato Italia

COLT
AT 500

Frequenza: 27 MHz
Canali: 160
Pot. max: 500 W AM
Guadagno: 1,6 dB
Impedenza: 50 Ω
SWR: 1,1 ÷ 1,2
h antenna: 1580
Peso conf.: 565

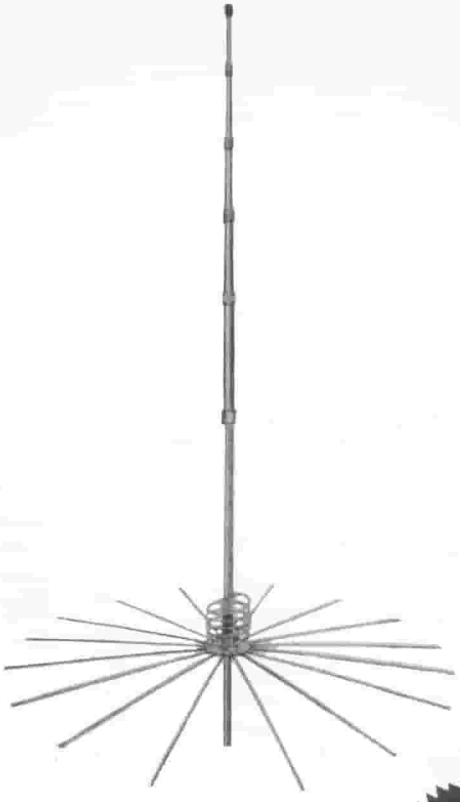
MAGNETIC
AT 1063

Frequenza: 27 MHz
Canali: 80
Pot. max: 150 W
Guadagno: 0,9 dB
Impedenza: 50 Ω
SWR: 1,1 ÷ 1,3
h antenna: 850
Peso conf.: 1210



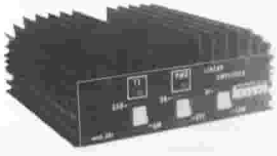
LINEARE L 200

Frequenza di lavoro: 25 ÷ 30 MHz
Alimentazione: 12 ÷ 14 V
Assorbimento: 8 ÷ 10 A
Potenza: entrata 1 ÷ 5 W
Potenza: uscita 80 ÷ 100 W
ROS: 1.1/1.5
Bande: AM - FM - SSB
Fusibili: 3 A
Commutazione elettronica
Protezione contro le inversioni di polarità



SUPER 16 3/4 λ
AT 107

Frequenza: 26 ÷ 28 MHz
Pot. max.: 3.000 W
Imp. nom.: 50 Ω
Guadagno oltre 9,5 dB
SWR max.: 1,2 ÷ 1,3
agli estremi su 160 Ch
Alt. antenna: 8000 mm
3/4 λ cortocircuitata



LINEARE L 351

Frequenza: 3 ÷ 30 MHz
Alimentazione: 11 ÷ 14 Vcc
Assorbimento: 15 ÷ 20 A
Potenza: ing. 1 ÷ 7 W AM / SSB 2 ÷ 20W
Potenza: uscita 100 ÷ 200 W AM / SSB 200 ÷ 400 W
ROS: 1.1 / 1.5
Dimensioni: 170 x 185 x 68
Peso conf.: 1200

lemm ANTENNE s.r.l.

20077 Melegnano (MI) - Via Santi 2/4 - Tel. 02-9837583 - Telex: LEMANT 324190 I - Fax (0039) 02-9837583

in conformità degli avvisi del C.C.I.R., non richiedano, alla ricezione, l'impiego di speciali attrezzature terminali.

(b) Se si utilizza l'identificazione per la sovrapposizione, il segnale d'identificazione deve essere preceduto dal segnale QTT.

5 - Quando più stazioni operino simultaneamente su uno stesso collegamento sia come stazioni ripetitrici, sia in parallelo su differenti frequenze, ognuna di esse deve, per quanto possibile, trasmettere il proprio segnale d'identificazione oppure quelli di tutte le stazioni interessate.

6 - Ogni Membro o Membro associato si riserva il diritto di stabilire i propri procedimenti d'identificazione per le stazioni utilizzate per le esigenze della propria difesa nazionale. Tuttavia, deve usare a tal fine, per quanto possibile, indicativi di chiamata riconoscibili come tali e che contengono le lettere distintive della propria nazionalità.

Sezione II - ATTRIBUZIONE DELLE SERIE INTERNAZIONALI E ASSEGNAZIONE DEGLI INDICATIVI DI CHIAMATA

7 - (a) Tutte le stazioni aperte alla corrispondenza pubblica internazionale, tutte le stazioni d'amatore e tutte le altre stazioni che possono produrre disturbi nocivi oltre le frontiere dei Paesi dai quali dipendono, devono possedere indicativi di chiamata della serie internazionale attribuita ai loro Paesi nella tabella a seguito del numero 8 (b).

(b) Non è però obbligatoria l'assegnazione di indicativi di chiamata della serie internazionale alle stazioni che possono essere facilmente identificate in altro modo (vedi art. 19 - 2) e i cui segnali di identificazione o le cui caratteristiche di emissione sono pubblicati in documenti internazionali.

8 - (a) Nella tabella che segue, la prima o le prime due lettere degli indicativi di chiamata servono a distinguere la nazionalità delle stazioni.

(b) La serie degli indicativi di chiamata precedute da asterisco sono attribuite a organizzazioni internazionali.

9 - Nel caso che le disponibilità della tabella fossero esaurite, nuove serie di indicativi di chiamata potranno essere assegnate secondo i principi annunciati nella Risoluzione n. 8 circa la formazione degli indicativi di chiamata e la attribuzione di nuove serie internazionali.

10 - Nell'intervallo fra due Conferenze amministrative delle radiocomunicazioni il Segretario generale è autorizzato a trattare, a titolo provvisorio e con riserva di conferma dalla prossima conferenza, le questioni relative ai cambiamenti di attribuzione delle serie di indicativi di chiamata (vedi anche numero 9 - sopra).

11 - (a) Ogni paese sceglie gli indicativi di chiamata delle proprie stazioni nella serie internazionale che gli è attribuita e, in conformità dell'articolo 20, notifica al Segretario generale gli indicativi di chiamata attribuiti unendoli alle notizie da includersi nella I, II, III, IV, V e VI Lista. Quest'ultima disposizione non riguarda gli indicativi di chiamata assegnati alle stazioni d'amatore e a quelle sperimentali.

(a) Il Segretario generale controlla che un indicativo di chiamata non sia assegnato più di una volta e che non si assegnino gli indicativi di chiamata che potessero essere confusi con i segnali di soccorso o con altri segnali dello stesso genere.

12 - (a) Quando una STAZIONE FISSA impiega più di una frequenza nel servizio internazionale, ogni frequenza può essere identificata con un determinato indicativo di chiamata, utilizzato soltanto per quella frequenza.

(b) Quando una STAZIONE DI RADIODIFFUSIONE impiega più di una frequenza nel servizio internazionale, ogni frequenza può essere identificata, sia con un determinato indicativo di chiamata utilizzato soltanto per quella frequenza, sia con altri procedimenti adatti, come l'enunciazione della località geografica e della frequenza usata.

(c) Quando una STAZIONE TERRESTRE impiega più di una frequenza, ogni frequenza può, a titolo facoltativo, essere identificata con un determinato indicativo di chiamata.

(d) È conveniente che le STAZIONI COSTIERE utilizzino, se possibile, un indicativo di chiamata comune per ogni serie di frequenze.

TABELLA DI ATTRIBUZIONE DEI NOMINATIVI (APPENDICE 42)

AAA - ALZ	Stati Uniti d'America
AMA - AOZ	Spagna
APA - ASZ	Pakistan
ATA - AWZ	India (Repubblica dell')
AXA - AXZ	Australia (Federaz. d')
AYA - AZZ	Argentina (Repubblica)
A2A - A2Z	Botswana
A3A - A3Z	Tonga
A4A - A4Z	Oman (Sultanato)
A5A - A5Z	Butan
A6A - A6Z	Emirati Arabi Uniti
A7A - A7Z	Quatar
A8A - A8Z	Liberia
BAA - BZZ	Cina
CAA - CEZ	Cile
CFA - CKZ	Canadà
CLA - CMZ	Cuba
CNA - CNZ	Marocco (Regno del)
COA - COZ	Cuba
CPA - CPZ	Bolivia
CQA - CRZ	Province portoghesi d'Oltremare
CSA - CUZ	Portogallo
CVA - CXZ	Uruguay (Repubblica Orientale)
CYA - C2Z	Canada
C2A - CZZ	Nauru (Repubblica)
C3A - C3Z	Andorra
C4A - C4Z	Cipro
C5A - C5Z	Gambia
C6A - C6Z	Bahamas (isole ex Commonwealth)

C7A - C7Z	Organizz. Meteo
DAA - DRZ	Germania Federale
DSA - DTZ	Corea
DUA - DZZ	Filippine
D2A - D3Z	Angola
D4A - D4Z	Capoverde (Isole)
D5A - D5Z	Liberia
D6A - D6Z	Comores
D7A - D7Z	Corea
EAA - EHZ	Spagna
EIA - EJZ	Irlanda
EKA - EKZ	Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche
ELA - ELZ	Liberia
EMA - EOZ	Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche
EPA - EQZ	Iran
ERA - ESZ	Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche
ESA - ESZ	Estonia
ETA - ETZ	Etiopia
EUA - EWZ	Bielorussia (Repubblica socialista Sovietica di)
EXA - EZZ	Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche
FAA - FZZ	Francia, Stati d'Oltremare della Comunità e Territori francesi di Oltremare
GAA - GZZ	Regno Unito di Gran Bretagna e Irlanda del Nord
HAA - HAZ	Ungheria (Repubblica Popolare di)
HBA - HBZ	Svizzera (Confeder.)
HCA - HDZ	Equador
HEA - HEZ	Svizzera (Confederaz.)
HFA - HFZ	Polonia (Repubblica Popolare di)
HGA - HGZ	Ungherese (Repubblica Popolare)
HHA - HHZ	Haiti (Repubblica di)
HIA - HIZ	Dominicana (Repubbl.)
HJA - HKZ	Columbia (Repubbl. di)
HLA - HLZ	Corea (Repubblica Democratica)
HNA - HNZ	Iraq (Repubblica dell')
HOA - HPZ	Panama (Repubblica di)
HQA - HRZ	Honduras (Repubblica di)
HSA - HSZ	Tailandia
HTA - HTZ	Nicaragua
HUA - HUZ	El Salvador (Rep. di)
HVA - HVZ	Città del Vaticano (Stato del ...)
HWA - HYZ	Francia, Stati d'Oltremare della Comunità, Territori francesi d'Oltremare
HZA - HZZ	Arabia Saudita (Regno dell')
H2A - H2Z	Cipro
H3A - H3Z	Panama
H4A - H4Z	Salomon (Isole)
H6A - H7Z	Nicaragua
H8A - H9Z	Panama
IAA - IZZ	Italia
JAA - JSZ	Giappone
JTA - JVZ	Mongolia (Repubblica Popolare di)
JWA - JXZ	Norvegia
JYA - JYA	Giordania (Regno Hascemita di)
JZA - JZZ	Indonesia
J2A - J2Z	Gibouti
J3A - J3A	Granada (Isola)
J4A - J4Z	Grecia
J5A - J5Z	Guinea-Bissau
J6A - J6Z	Santa Lucia (Isola)
J7A - J7Z	Dominique
J8A - J8Z	S. Vincenzo e Grenadina
KAA - KZZ	Stati Uniti d'America
LAA - LNZ	Norvegia
LOA - LWZ	Argentina (Repubblica)
LXA - LXZ	Lussemburgo
LYA - LYZ	Lituania
LZA - LZZ	Bulgaria (Repubblica Popolare di)
L2A - L9Z	Argentina
MAA - MZZ	Regno Unito di Gran Bretagna e Irlanda del Nord
NAA - NZZ	Stati Uniti d'America
OAA - OCZ	Perù
ODA - ODZ	Libano
OEA - OEZ	Austria
OFA - OJZ	Finlandia
OKA - OMZ	Cecoslovacchia
ONA - OTZ	Belgio
OUA - OZZ	Danimarca
PAA - PIZ	Paesi Bassi
PJA - PJZ	Antille Olandesi
PKA - POZ	Indonesia (Repubbl. D')
PPA - PYZ	Brasile
P2A - PZZ	Papuasia-Nuova Guinea
P3A - P3Z	Cipro
P4A - P4Z	Aruba
P5A - P9Z	Corea (Repubb. Popol.)
PZA - PZZ	Surinam
QAA - QZZ	(Abbreviazioni regolamentari)
RAA - RZZ	Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche
SAA - SMZ	Svezia
SNA - SRZ	Polonia (Repubblica Popolare di)
SSA - SSM	Repubblica Araba Unita (Regione Egiziana)
SSN - STZ	Sudan (Repubblica del)
SUA - SUZ	Repubblica Araba Unita (Reg. Egiziana)
SVA - SZZ	Grecia
S2A - S3Z	Bangladesh
S6A - S6Z	Singapore

S7A - S7Z	Seicelles (Isole)
S9A - S9Z	San Tomé e Principe (Isole)
TAA - TCZ	Turchia
TDA - TDZ	Guatemala
TEA - TEZ	Costa Rica
TFA - TFZ	Islanda
TDA - TDZ	Guatemala
THA - THZ	Francia, Stati d'Oltremare della Comunità e Territori francesi di Oltremare
TIA - TIZ	Costa Rica
TJA - TJZ	Cameroon
TKA - TKZ	Francia
TLA - TLZ	Repubb. Centrafricana
TMA - TMZ	Francia
TNA - TNZ	Congo
TQA - TQZ	Francia
TRA - TRZ	Gabon
TSA - TSZ	Tunisia
TTA - TTZ	Ciad
TUA - TUZ	Costa d'Avorio
TVA - TXZ	Francia
TYA - TYZ	Benin
TZA - TZZ	Malì
T2A - T2Z	Tavalu
T3A - T3Z	Kiribati
T4A - T4Z	Cuba
T5A - T5Z	Somalia
T6A - T6Z	Afganistan
T7A - T7Z	San Marino (Assegnaz. provvisoria)
UAA - UQZ	Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche
URA - UTZ	Ukraina (Repubbl. Socialista Sovietica dell')
UUA - UZZ	Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche
VAA - VGZ	Canada
VHA - VNZ	Australia (Federaz. dell')
VOA - VOZ	Canada
VPA - VSZ	Territori d'Oltremare le cui relazioni internazionali sono assicurate dal governo del Regno Unito di Gran Bretagna e Irlanda del Nord.
VTA - VWZ	India (Repubblica dell')
VXA - VYZ	Canada
VZA - VZZ	Australia (Federaz. dell')
V2A - V2Z	Antigua e Bermuda
V3A - V3Z	Belizf
V4A - V4Z	San Cristoforo e Nevis
V8A - V8Z	Brunei Darussalam
WAA - WZZ	Stati Uniti d'America
XAA - XIZ	Messico
XJA - XOZ	Canada
XPA - XPZ	Danimarca
XQA - XRZ	Cile
XSA - XSZ	Cina
XTA - XTZ	Stati d'Oltremare della Comunità e Territori francesi d'Oltremare
XUA - XUZ	Cambogia (Regno di)
XVA - XVZ	Viet-nam (Rep. del)
XWA - XWZ	Laos (Regno del)
XXA - XXZ	Province Portoghesi d'Oltremare
XYA - XZZ	Birmania (Unioni di)
YAA - YAZ	Afganistan
YBA - YHZ	Indonesia (Rep. d')
YIA - YIZ	Iraq (Repubbl. dell')
YJA - YJZ	Nuove Ebridi (Condominio franco-britannico)
YKA - YKZ	Repubblica Araba Unita (Regione Siriana)
YLA - YLZ	Lettonia
YMA - YMZ	Turchia
YNA - YNZ	Nicaragua
YOA - YRZ	Romania (Repubblica Popolare)
YSA - YSZ	El Salvador (Rep. Di)
YTA - YUZ	Jugoslavia (Repubbl. federativa popolare di)
Y2A - Y9Z	Germania Est
YVA - YVZ	Venezuela (Repubbl. del)
YZA - YZZ	Jugoslavia (Repubbl. federativa popolare di)
ZAA - ZAZ	Albania (Repubbl. Popolare d')
ZBA - ZJZ	Territori d'Oltremare le cui relazioni internazionali sono assicurate dal governo del Regno Unito di Gran Bretagna e Irlanda del Nord.
ZKA - ZMZ	Nuova Zelanda
ZNA - ZOZ	Territori d'Oltremare le cui relazioni internazionali sono assicurate dal governo del Regno Unito di Gran Bretagna e Irlanda del Nord.
ZPA - ZPZ	Paraguay
ZQA - ZQZ	Regno Unito di Gran Bretagna e Irlanda
ZRA - ZUZ	Sudafrica
ZVA - ZZZ	Brasile
Z2A - Z2Z	Zimbawie
2AA - 2ZZ	Regno Unito di Gran Bretagna e Irlanda
3AA - 3ZZ	Monaco
3BA - 3BZ	Maurizio
3CA - 3CZ	Guinea Equatoriale
3DA - 3DM	Swaziland
3DN - 3DZ	Fidji
3EA - 3FZ	Panama
3GA - 3GZ	Cile

3HA - 3UZ	Cina
3VA - 3VZ	Tunisia
3WA - 3WZ	Viet-Nam (Repubb. Socialista)
3XA - 3XZ	Guinea
3YA - 3YZ	Norvegia
3ZA - 3ZZ	Polonia
4AA - 4CZ	Messico
4DA - 4IZ	Filippine
4JA - 4LZ	Unione Sovietica
4MA - 4MZ	Venezuela
4NA - 4OZ	Jugoslavia (Repubbl. federativa popolare di)
4PA - 4SZ	Ceylon (Sri Lanka)
4TA - 4TZ	Perù
4UA - 4UZ	Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU)
4VU - 4VZ	Haiti (Repubbl. di)
4WA - 4WZ	Yemen
4XA - 4XZ	Israele (Stato d')
4YA - 4YZ	Organizzazione dell'Aviazione Civile Internaz. (OACI)
4ZA - 4ZZ	Israele (Stato d')
5AA - 5AZ	Libia (Regno Unito di)
5BA - 5BZ	Cipro
5CA - 5GZ	Marocco (Regno del)
5HA - 5IZ	Tanzania
5JA - 5KZ	Columbia (Repubbl. di)
5LA - 5MZ	Liberia
5NA - 5OZ	Nigeria
5PA - 5QZ	Danimarca
5RA - 5SZ	Madagascar
5TA - 5TZ	Mauritiana
5UA - 5UZ	Niger
5VA - 5VZ	Togolese (Repubblica)
5WA - 5WZ	Samoa
5XA - 5XZ	Uganda
5YA - 5ZZ	Kenya
6AA - 6BZ	Repubblica Araba Unita (Regione Egiziana)
6CA - 6CZ	Repubblica Araba Unita (Regione Siriana)
6DA - 6JZ	Messico
6KA - 6NZ	Corea (Repubblica di)
6OA - 6OZ	Somalia (Amministrazione italiana)
6PA - 6SZ	Pakistan
6TA - 6UZ	Sudan (Repubblica del)
6VA - 6WZ	Senegal
6XA - 6XZ	Madagascar
6YA - 6YZ	Jamaica
6ZA - 6ZZ	Liberia
7AA - 7IZ	Indonesia (Repubbl. d')
7JA - 7NZ	Giappone
7OA - 7OZ	Yemen
7PA - 7PZ	Lesotho
7QA - 7QZ	Malawi
7RA - 7RZ	Algeria
7SA - 7SZ	Svezia
7TA - 7YZ	Algeria
7ZA - 7ZZ	Arabia Saudita (Regno dell')
8AA - 8IZ	Indonesia (Repubbl. d')
8JA - 8NZ	Giappone
8OA - 8OZ	Botswana
8PA - 8PZ	Barbado
8QA - 8QZ	Maldive
8RA - 8RZ	Guiana
8SA - 8SZ	Svezia
8TA - 8YZ	India (Repubbl. dell')
8ZA - 8ZZ	Arabia Saudita (Regno dell')
9AA - 9AZ	San Marino (Repubblica di)
9BA - 9DZ	Iran
9EA - 9FZ	Etiopia
9GA - 9GZ	Ghana
9HA - 9HZ	Malta
9IA - 9JZ	Zambia
9KA - 9KZ	Kuwait
9LA - 9LZ	Sierra Leone
9MA - 9MZ	Malesia (Feder. di)
9NA - 9NZ	Nepal
9OA - 9UZ	Congo Belga e Territorio del Ruanda-Urundi
9VA - 9VZ	Singapore
9XA - 9XZ	Rwuanda
9WA - 9WZ	Malesia
9YA - 9ZZ	Trinidad e Tobago

IL CODICE "Q"

Grazie al codice Q, internazionalmente adottato, possono trasmettersi le domande e le risposte di più frequente uso nel traffico telegrafico. I gruppi di codice di più frequente impiego nel traffico fra radioamatori sono stati sottolineati.

APPENDICE 13 - ABBREVIAZIONI E SEGNALI

(da usare nelle comunicazioni radiotelegrafiche)

Codice Q

1 - Le serie dei gruppi da QRA a QVZ, qui appresso indicate, possono essere usate in tutti i servizi.

2 - Le serie da QAA a QNZ sono riservate al servizio aeronautico e le serie da QOA a QQZ sono riservate ai servizi marittimi. Esse non sono elencate nel presente Regolamento.

3 - Si può dare un senso affermativo o negativo a talune abbreviazione del codice Q trasmettendo, rispettivamente, YES o NO immediatamente dopo l'abbreviazione.

4 - Il significato delle abbreviazioni del codice Q può esser esteso o completato con l'aggiunta appropriata di altre abbreviazioni, di indicativi di chiamata, di nomi di località, di cifre, di numeri, ecc. Gli spazi in bianco fra parentesi corrispondono a indicazioni facoltative. Tali indicazioni devono essere trasmesse nell'ordine in cui si trovano nel testo delle tavole che seguono.

5 - Le abbreviazioni del codice Q assumono la forma di domande quando sono seguite da un punto interrogativo. Quando un'abbreviazione, usata come domanda, è seguita da indicazioni complementari, tali indicazioni devono essere seguite da un punto interrogativo.

6 - Le abbreviazioni del codice Q che abbiano più significati numerati devono essere seguite dal numero che precisa il significato scelto. Detto numero dev'essere trasmesso immediatamente dopo l'abbreviazione.

7 - Le ore devono essere indicate in tempo medio di Greenwich (T.M.G.) salvo contrarie indicazioni nelle domande o nelle risposte.

Abbreviazioni utilizzabili

(*Nota*: le abbreviazioni qui di seguito elencate, valgono sia per la domanda che per la risposta).

QRA: Qual è il nome della vostra stazione? oppure: Come ti chiami?

QRB: A che distanza approssimativa vi trovate dalla mia stazione?

QRC: Da quale compagnia privata (o amministrazione di Stato) sono liquidati i conti delle tasse delle vostra stazione?

QRD: Dove siete diretto e da dove venite?

QRE: A che ora ritenete di giungere a... (o sopra a...) (località)?

QRF: Fate ritorno a... (località)?

QRG: Volete indicarmi la mia frequenza esatta (o la frequenza esatta di...)?

QRH: La mia frequenza varia?

QRI: Qual è la tonalità della mia emissione?

QRJ: Quante chiamate radiotelefoniche avete in giacenza?

QRK: Qual è la comprensibilità dei miei segnali o del segnale di...?

QRL: Siete occupato?

QRM: Siete disturbato?

QRN: Siete disturbato da parassiti?

QRO: Devo aumentare la potenza di emissione?

QRP: Devo diminuire la potenza di emissione?

QRQ: Devo trasmettere più in fretta?

QRR: Siete pronto per l'impiego degli apparecchi automatici?

QRS: Devo trasmettere più adagio?

QRT: Devo sospendere la trasmissione?

QRU: Avete qualche cosa per me?

QRV: Siete pronto?

QRW: Devo avvisare... che voi lo chiamate su... kHz (o MHz)?

QRX: Quando mi richiamerete?

QRY: Qual è il mio turno? (si riferisce alle comunicazioni)

QRZ: Da chi sono chiamato?

QSA: Qual è la forza dei miei segnali (o dei segnali di...)?

QSB: La forza dei miei segnali varia?

QSC: Siete una nave da carico (vedi Art. 32, Sezione V)

QSD: La mia manipolazione è difettosa?

QSE: Qual è la deriva presunta del mezzo di salvataggio?

QSF: Avete effettuato il salvataggio?

QSG: Devo trasmettere... telegrammi alla volta?

QSH: Potete dirigere con il vostro radiogoniometro?

QSI: Non è stato possibile interrompere la mia trasmissione?

QSJ: Qual è la tassa da riscuotere per... compresa la vostra tassa interna?

QSK: Potete sentirmi fra i vostri segnali? In caso affermativo, posso interrompervi nella vostra tramissione?

QSL: Potete accusarmi ricevuta?

QSM: Devo ripetere l'ultimo telegramma che vi ho

trasmesso (o un telegramma precedente)?
QSN: Mi avete (o avete sentito... / indicativo di chiamata / su... kHz / MHz)?

QSO: Potete comunicare con... direttamente (o mediante appoggio)?

QSP: Volete ritrasmettere a... gratuitamente?
QSQ: Avete a bordo un medico (o... / nome di una persona)?
QSR: Debbo ripetere la chiamata sulla frequenza di chiamata?
QSS: Che frequenza di lavoro userete?
QSU: Devo trasmettere o rispondere sulla frequenza attuale (o su... kHz / o MHz) (con emissione della classe...)?

QSV: Devo trasmettere una serie di V su questa frequenza (o su ... kHz/ o MHz)?

QSW: Volete trasmettere sulla frequenza attuale (o su... kHz / o MHz) (con emissione della classe...)?
QSX: Volete stare in ascolto di... (indicativo di chiamata) su... kHz (o MHz)?
QSY: Devo passare a trasmettere su altra frequenza?
QSZ: Devo trasmettere ogni parola o gruppo più volte?
QTA: Devo annullare il telegramma numero...?
QTB: Siete d'accordo con il mio computo delle parole?

QTC: Quanti telegrammi avete da trasmettere?

QTD: Che cosa ha ripescato la nave di salvataggio o l'aeronave di salvataggio?
QTE: Qual è il mio rilevamento VERO rispetto a voi?
oppure:
Qual è il mio rilevamento VERO rispetto a... (indicativo di chiamata)?
oppure:
Qual è il rilevamento VERO di... (indicativo di chiamata) rispetto a... (indicativo di chiamata)?
QTF: Volete indicarmi la posizione della mia stazione quale risulta dai rilevamenti presi dalle stazioni radiogoniometriche che voi controllate?

QTG: Volete trasmettere due linee di dieci secondi ciascuna, seguite dal vostro indicativo di chiamata (ripetute... volte) / su... kHz (o MHz)?
oppure:
Volete chiedere a... di trasmettere due linee di dieci secondi seguite dal suo indicativo di chiamata (ripetute... volte) su kHz (o MHz)?

QTH: Qual è la vostra posizione in latitudine e in longitudine (o in base a qualsiasi altra indicazione)?

QTI: Qual è la vostra rotta VERA?
QTJ: Qual è la vostra velocità di marcia?
QTK: Qual è la velocità della vostra aeronave ispetto alla superficie terrestre?
QTL: Qual è la vostra prora VERA?
QTM: Qual è la vostra prora MAGNETICA?
QTN: A che ora avete lasciato... (località)?
QTO: Siete uscito dal bacino (o dal porto)?
oppure:
Avete decollato?
QTP: State per entrare nel bacino (o nel porto)?
oppure:
State per ammarrare (o atterrare)?
QTQ: Potete comunicare con la mia stazione a mezzo del Codice internazionale dei segnali?

QTR: Qual è l'ora esatta?

QTS: Volete trasmettere il vostro indicativo di chiamata a scopo di regolazione, o per consentirmi la misura della vostra frequenza, adesso (o alle ore...) su... kHz (o MHz)?
QTT: (il segnale di identificazione che segue è sovrapposto ad un'altra emissione)
QTU: Qual è l'orario di servizio della vostra stazione?
QTV: Devo mettermi in ascolto al vostro posto sulla frequenza di... kHz (o MHz) (dalle ore... alle...)?
QTW: Quali sono le condizioni dei superstiti?
QTX: Volete lasciare aperta la vostra stazione per comunicare con me fino a nuovo avviso da parte mia (o fino alle ore...)?
QTY: Vi state dirigendo verso il luogo dell'incidente e in caso affermativo, quando pensate di giungere?
QTZ: Continuate le ricerche?
QUA: Avete notizie di... (indicativo di chiamata)?

QUB: Potete darmi, in quest'ordine, le informazioni riguardanti:
la direzione VERA e la velocità del vento al suolo; la visibilità, il tempo che fa, l'importanza, il tipo e l'altezza della base delle nuvole sopra... (località di osservazione)?
QUC: Qual è il numero (o altra indicazione) dell'ultimo messaggio che avete ricevuto da me / o da... (indicativo di chiamata)?
QUD: Avete ricevuto il segnale di urgenza trasmesso da... (indicativo di chiamata di una stazione mobile)?
QUE: Potete telefonare in... (lingua) eventualmente con un interprete?
In caso affermativo, su che frequenza?
QUF: Avete ricevuto il segnale di soccorso emesso da... (indicativo di chiamata di una stazione mobile)?
QUG: Siete costretto ad ammarrare (o ad atterrare)?

QUH: Volete indicarmi la pressione barometrica attuale al livello del mare?
QUI: I vostri fanali di navigazione sono accesi?
QUJ: Volete indicarmi la rotta VERA da seguire per raggiungervi (o per raggiungere...)?
QUK: Potete indicarmi le condizioni del mare osservate a... (località o coordinate)?
QUL: Potete indicarmi il mareggio osservato a... (località o coordinate)?
QUM: Posso riprendere il lavoro normale?

QUN: Prego le navi che si trovino nelle mie immediate vicinanze.
oppure:
(in prossimità di... di latitudine... di longitudine);
oppure:
(in prossimità di...)
di indicare la loro posizione, la prora VERA e la velocità.
QUO: Devo ricercare...
1. un'aeronave

2. una nave
3. un mezzo di salvataggio in prossimità di... latitudine... di longitudine (o in base a qualsiasi altra indicazione)?

QUP: Volete indicare la vostra posizione con...
1. riflettore
2. fumata nera
3. razzi luminosi?

QUQ: Devo puntare il riflettore verticalmente su una nuvola, possibilmente a intermittenze, poi puntare il fascio luminoso sull'acqua (o sul suolo) contro vento quando si vedrà o si sentirà la vostra aeronave, per facilitarvi l'ammarraggio (o l'atterraggio)?

QUR: I superstiti
1. hanno ricevuto l'equipaggiamento di salvataggio
2. sono stati raccolti da una nave
3. sono stati raggiunti dalla squadra di salvataggio al suolo?

QUS: Avete avvistato superstiti o rottami? In caso affermativo, dove?

QUT: È indicata la località dell'incidente?

QUU: Devo dirigere la nave o l'aeronave sulla mia posizione?

QUW: Siete sulla zona delle ricerche... (simbolo o latitudine e longitudine)?

QUY: Il punto dove trovasi il mezzo di salvataggio è stato indicato con segnali?

Abbreviazioni

AA: Tutto dopo...

AB: Tutto prima di...

ADS: Indirizzo.

AR: Fine di trasmissione.

AS: Attendete.

BK: Segnale usato per interrompere una trasmissione in corso.

BN: Tutto fra... e...

BQ: Risposta a EQ.

CEM: Confermate (o confermo).

CL: Chiudo la mia stazione.

COL: Collazionate.

CP: Chiamata generale a due o più stazioni specificate.

CQ: Chiamata generale a tutte le stazioni.

CS: Indicativo di chiamata.

DDD: Usato per identificare la trasmissione di un messaggio di soccorso da parte di una stazione che non è in pericolo.

DE: Da.

DF: Il vostro rilevamento alle ore... era di... gradi, nel settore dubbio di questa stazione, con un errore possibile di... gradi.

DO: Rilevamento dubbio. Chiedete un rilevamento più tardi.

E: Est.

ER: Qui...

ETA: Ora presunta di arrivo.

IRP: La punteggiatura conta.

K: Invito a trasmettere.

KMH: Chilometri all'ora.

KTS: Miglia marine all'ora.

MIN: Minuto.

MPH: Miglia terrestri all'ora.

MSG: Prefisso che indica un messaggio destinato al comandante di una nave o proveniente dal comandante di una nave e riguardante il governo d'una nave o la sua navigazione.

N: Nord.

NIL: Non ho nulla da trasmettervi.

NO: No.

NW: Adesso.

PK: D'accordo.

OL: Lettera transoceanica.

P: Prefisso che indica un radiotelegramma privato.

PBL: Preambolo.

R: Ricevuto.

REF: Riferimento a...

RPT: Ripetere.

RQ: Indicazione di una domanda.

S: Sud.

SIG: Firma.

SLT: Lettera radiomarittima.

SOS: Segnale di soccorso.

SS: Indicazione che precede il nome d'una stazione di nave.

SVC: Prefisso che indica un telegramma di servizio.

SYS Riferitevi al vostro telegramma di servizio.

TFC: Traffico.

TR: Usato da una stazione terrestre per chiedere la posizione e il prossimo porto di scalo di una stazione mobile; usato anche come prefisso alla risposta.

TTT: Questo gruppo, quando sia trasmesso tre volte, costituisce il segnale di sicurezza.

TU: Vi ringrazio.

TXT: Testo.

VA: Fine di lavoro.

W: Ovest.

WA: Parola dopo...

WB: Parola prima di...

WD: Parola (Gruppo).

XQ: Prefisso che indica una comunicazione stabilita nel servizio fisso.

XXX: Questo gruppo, quando viene trasmesso tre volte, costituisce il segnale di urgenza.

YES: Sì.

Il Regolamento Nazionale per le radiocomunicazioni: norme relative al servizio d'amatore

D.P.R. 29 MARZO 1973 n. 156 "CODICE POSTALE" NORME RIGUARDANTI L'ATTIVITA' RADIOAMATORIALE

Art. 330.

STAZIONI DI RADIOAMATORE

L'impianto e l'esercizio di stazioni di radioamatore possono essere concessi in conformità delle norme sulle concessioni contenute nel presente decreto e nel relativo regolamento (1).

L'attività del radioamatore consiste nello scambio, in linguaggio chiaro o con l'uso di codici internazionalmente ammessi, con altri radioamatori autorizzati, di messaggi di carattere tecnico, riguardanti esperimenti radioelettrici a scopo di studio e di istruzione individuale e osservazioni di indole puramente personale che, per la loro scarsa importanza, non giustifichino l'uso dei servizi pubblici di telecomunicazioni.

Art. 331.

CITTADINANZA

Oltre che agli altri requisiti indicati nel regolamento (1), per i titolari delle concessioni di cui all'articolo precedente è richiesto il possesso della cittadinanza italiana.

Si prescinde dal possesso della cittadinanza italiana:

a) per i richiedenti che siano cittadini di Stati membri della Comunità economica europea e di Stati membri del Consiglio di Europa, che abbiano depositato il proprio strumento di ratifica della convenzione europea di stabilimento, firmato a Parigi il 13 dicembre 1955;

b) nei confronti dei richiedenti che siano cittadini di Stati con i quali l'Italia abbia stipulato specifici accordi.

Art. 332.

VALIDITÀ DELLE CONCESSIONI - CANONI

La concessione per l'impianto e l'esercizio di stazioni di radioamatore è valida cinque anni, salva la facoltà di rinnovo, secondo le modalità stabilite dal regolamento (1).

Il titolare della concessione è tenuto al versamento di un canone annuo nella misura stabilita dal regolamento (1).

Art. 333.

AUTORIZZAZIONE DI ASCOLTO

Con le modalità stabilite nel regolamento (1) possono essere rilasciate autorizzazioni aventi per oggetto il solo ascolto sulle gamme di frequenza riservate ai radioamatori.

Il rilascio di tali autorizzazioni può anche essere delegato dall'Amministrazione delle poste e delle telecomunicazioni, sulla base di apposita convenzione, ad associazioni di radiodilettanti ufficialmente riconosciute.

Nuove norme sulle concessioni di impianto e di esercizio di stazioni di radioamatore

Art. 1.

Stazioni di radioamatori.

Vedasi art. 330 del D.P.R. 29 marzo 1973 - n. 156.

Art. 2.

Patente di operatore di radioamatore.

Per ottenere la concessione di impianto ed esercizio di stazione di radioamatore, di cui al successivo art. 4, è necessario che il richiedente sia in possesso della patente di operatore che viene rilasciata dai Circoli delle costruzioni telegrafiche e telefoniche, normalmente a seguito di esami da effet-

tuarsi avanti a Commissioni costituite presso i Circoli stessi secondo le norme di cui al successivo articolo 3.

Possono essere esonerati da alcune o da tutte le prove di esame gli aspiranti in possesso di titoli o documenti dai quali risulti ufficialmente comprovata la conoscenza delle materie che formano oggetto delle prove stesse, e coloro che, per chiara fama o per studi effettuati e pubblicati, siano giudicati idonei.

Le domande di ammissione agli esami per il conseguimento della patente di operatore, redatte in carta da bollo e contenenti le generalità del richiedente, debbono essere fatte pervenire al Circolo delle costruzioni competente per il territorio entro il 30 aprile ed il 30 settembre, accompagnate dai seguenti documenti:

a) due fotografie formato tessera, una delle quali autenticata;

b) una marca da bollo del valore prescritto;

c) dichiarazione anagrafica o altro documento valido, contenente le generalità ed il domicilio del richiedente.

Tale documento può essere anche esibito in visione personalmente dal richiedente stesso.

I Circoli comunicheranno agli interessati la data e la sede degli esami.

Analoga domanda, documentata come sopra, dovranno produrre gli aspiranti al rilascio della patente con esonero dalle prove di esame ai sensi del secondo comma del presente articolo.

Art. 3.

Esami.

Di norma le sessioni di esame per il conseguimento della patente di operatore di stazione di radioamatore saranno tenute nei mesi di maggio e ottobre di ogni anno.

Le commissioni esaminatrici saranno nominate dal direttore centrale per i Servizi radioelettrici del Ministero delle poste e delle telecomunicazioni e saranno composte per ogni sede di Circolo costruzioni telegrafiche e telefoniche: dal direttore del Circolo, che assumerà le funzioni di presidente, da un funzionario postelegrafonico esperto radiotecnico, da un rappresentante del Ministero della difesa designato da quel Ministero e da un esperto dell'Associazione dei radioamatori legalmente riconosciuta.

Le spese per le eventuali missioni o trasferte dei membri delle Commissioni esaminatrici saranno a carico delle Amministrazioni e Enti di appartenenza.

Gli esami consisteranno:

in una prova scritta, per la quale sono concesse tre ore di tempo, su un questionario composto da una o più domande sulle questioni tecniche, legislative, regolamentari e sulle norme di esercizio dei servizi radioelettrici internazionali, secondo il programma di cui all'allegato 1

in prove pratiche di trasmissione e ricezione radiotelegrafica auricolare in codice Morse alla velocità di 40 caratteri al minuto.

Le prove avranno luogo secondo le prescrizioni di cui agli articoli 5, 6 e 7 del decreto del Presidente della Repubblica 3 maggio 1957, n. 686 per la parte applicabile.

Durante la prova scritta non è consentita la consultazione di alcun testo o pubblicazione.

Il testo della prova pratica di ricezione radiotelegrafica eseguita dal candidato dovrà essere facilmente leggibile e la trasmissione telegrafica dovrà risultare regolare.

Gli elaborati di esame saranno conservati, per almeno sei mesi, agli atti dei Circoli delle costruzioni telegrafiche e telefoniche.

Art. 4.

Concessione per l'impianto e l'esercizio di stazioni di radioamatore.

Le concessioni per l'impianto e l'esercizio di stazioni di radioamatore sono accordate con decreto del Ministro per le poste e le telecomunicazioni, sentito il parere del Consiglio di amministrazione, ai richiedenti in possesso dei requisiti di cui al successivo art. 5.

La concessione è attestata, per i singoli, dal rilascio della licenza di radioamatore.

Le licenze sono di tre classi, corrispondenti alle potenze massime di alimentazione anodica dello stadio finale del trasmettitore, consentite rispettivamente per 75, 150 e 300 Watt.

Le domande di concessione di impianto ed esercizio di stazione di radioamatore, redatte in carta da bollo, devono essere fatte pervenire al Ministero delle poste e delle telecomunicazioni. — Ispettorato generale delle telecomunicazioni — Direzione centrale dei Servizi radioelettrici, e devono contenere i seguenti dati:

1) cognome, nome, luogo e data di nascita, domicilio e, per i minori che abbiano superato il 16° anno, nome di chi esercita la patria potestà;

2) indicazione precisa della sede dell'impianto, che deve essere installato sempre nella abituale residenza dell'interessato o nello stabilimento militare per i militari in servizio permanente che abbiano ottenuto apposito nulla osta dell'autorità militare;

3) indicazione della classe di licenza richiesta.

Alla domanda devono essere allegati i seguenti documenti:

a) ricevuta dell'abbonamento alle radioaudizioni per l'anno in corso;

b) attestazione del versamento del canone annuo di esercizio, di cui al successivo art. 7;

c) per i minori di anni diciotto, dichiarazione resa dinanzi alle competenti autorità da parte di chi esercita la patria potestà, di consenso e di assunzione delle responsabilità civili connesse all'impianto e all'esercizio della stazione di radioamatore;

d) certificato di residenza, o attestazione delle competenti autorità, dal quale risulti il domicilio o la abituale residenza del richiedente;

e) per i militari in servizio permanente che intendano installare la stazione in uno stabilimento mili-

tare, il nulla osta della competente autorità militare;
c) una marca da bollo del valore prescritto;

Art. 5.

Rilascio della concessione.

La concessione per l'impianto e l'esercizio di stazione di radioamatore è subordinata al possesso dei seguenti requisiti:

1) cittadinanza italiana (2);
2) età non inferiore agli anni 16;
3) buona condotta morale e civile;
4) possesso della patente di operatore di cui al precedente art. 2;
5) nulla osta dei Ministeri dell'interno e della difesa.

La concessione non può essere accordata a coloro che abbiano riportato condanna per delitti contro la personalità dello Stato, per diserzione in tempo di guerra, per delitti commessi con abusi nella attività di radioamatore, ancorchè sia intervenuta sentenza di riabilitazione, o comunque siano stati condannati a pena restrittiva della libertà personale superiore a tre anni per delitto colposo, salvo che non sia intervenuta sentenza di riabilitazione.

La concessione non sarà accordata inoltre a chi sia stato dichiarato delinquente abituale o professionale o per tendenza, a chi sia stato sottoposto a sorveglianza speciale della pubblica sicurezza, a colui al quale sia stato imposto il divieto di soggiorno in uno o più Comuni o l'obbligo di soggiorno in un determinato Comune, finchè durino gli effetti dei relativi provvedimenti.

La concessione potrà essere negata quando ostino ragioni tecniche e quando, per giustificati motivi, il Ministero delle poste e delle telecomunicazioni ritenga che l'aspirante non dia sufficiente affidamento per il legittimo uso della stazione.

Il diniego dovrà essere, in ogni caso, motivato.

I requisiti e le condizioni di cui sopra saranno accertati d'ufficio dal Ministero delle poste e delle telecomunicazioni.

Art. 6.

Concessioni speciali.

Oltre che a singoli privati, le concessioni di impianto ed esercizio di stazioni di radioamatore possono essere accordate:

1) a scuole ed istituti di istruzione di ogni ordine e grado, statali o legalmente riconosciuti, escluse le scuole elementari, che ne facciano domanda tramite il Mistero della pubblica istruzione, il quale attesterà la qualifica della scuola o dell'istituto;
2) a scuole e corsi di istruzione militare.

Nei casi di cui sopra deve essere nominato un operatore responsabile, dell'esercizio della stazione, **di età non inferiore agli anni 18, il quale deve** essere munito della patente di operatore e degli altri requisiti richiesti dal precedente art. 5 per il rilascio della concessione di impianto ed esercizio di stazione di radioamatore.

Art. 7.

Canoni di esercizio - Tassa di concessione governativa.

L'efficacia delle licenze di radioamatore è subordinata al versamento del canone annuo di esercizio.

Omissis.

Il canone annuo di esercizio è di L. 3000 (tremila) per la prima classe di licenza, di L. 4000 (quattromila) per la seconda classe e di L. 6000 (seimila) per la terza classe.

Le attestazioni di versamento dei tributi suddetti devono essere rimesse al Ministero delle poste e delle telecomunicazioni il quale provvederà all'invio agli interessati della marca annuale di convalida della licenza.

In caso di mancato versamento dei tributi stessi, l'efficacia della licenza rimane sospesa fino alla data del versamento. Qualora questo venga effettuato posteriormente al 30 giugno, il canone di concessione è ridotto alla metà.

I canoni di esercizio saranno integralmente acquisiti al bilancio di entrata dell'Amministrazione autonoma delle poste e delle telecomunicazioni.

Art. 8.

Nominativo.

A ciascuna stazione di radioamatore sarà assegnato dal Ministero delle poste e delle telecomunicazioni un nominativo che sarà riportato sulla licenza e non potrà essere modificato che dal Ministero medesimo.

Ai circoli, enti e associazioni tra amatori e cultori di materie tecniche è fatto divieto di assegnare nominativi, sigle o contrassegni da usare nelle radiotrasmissioni.

Il Ministero delle poste e delle telecomunicazioni ha facoltà di delegare ai detti circoli, enti e associazioni l'assegnazione di nominativi, sigle e contrassegni per l'impianto di apparecchi solo riceventi da parte dei propri iscritti.

Art. 9.

Norme tecniche.

Gli impianti delle stazioni di radioamatore, per quanto si riferisce alle installazioni delle radioapparecchiature, debbono uniformarsi alle norme C.E.I. (Comitato Elettronico Italiano) nonchè alle

(2) Per i cittadini stranieri, vedasi l'art. 331 del D.P.R. 29 marzo 1973, n. 156, riportato più sopra.

norme appresso indicate ed alle altre che il Ministero delle poste e delle telecomunicazioni potrà eventualmente stabilire:

a) il radiotrasmettitore dovrà essere munito di stadio pilota; la tolleranza di frequenza ammissibile non deve essere in nessun caso superiore a 0,05%;

b) la potenza di alimentazione anodica dello stadio finale del trasmettitore non deve essere superiore a quella fissata nella rispettiva licenza ed il trasmettitore deve essere corredato di amperometro o voltmetro per la misura di detta potenza;

c) non è consentita l'emissione con onde smorzate.

Le bande di frequenza assegnate per l'esercizio di stazioni di radioamatore, nonchè le classi di emissione permesse su ciascuna banda, sono le seguenti (*):

Bande assegnate in Italia al Servizio di Radioamatore

Banda	Statuto di servizio	Max potenza Lic. Ord.	Max potenza Lic. Spec.	Note Aggiornamento al 1° APRILE 1984
1830 ÷ 1850 kHz	secondario	100 W	-	In Sicilia (zona 9) 1830÷ 1845 kHz
3613 ÷ 3627 kHz 3647 ÷ 3667 kHz	esclusivo	300 W	-	Banda in fase di revisione per quanto riguarda l'assegnazione ai diversi servizi
7 ÷ 7,100 MHz	esclusivo	300 W	-	+ servizio satelliti
14 ÷ 14,350 MHz	esclusivo	300 W	-	+ servizio satelliti
18,068÷ 18,168 MHz	secondario	300 W	-	+ servizio satelliti
21 ÷ 21,450 MHz	esclusivo	300 W	-	+ servizio satelliti
24,890÷ 24,990 MHz	secondario	300 W	-	+ servizio satelliti
28 ÷ 29,7 MHz	esclusivo	300 W	-	+ servizio satelliti
144 ÷ 146 MHz	esclusivo	300 W	10 W	+ servizio satelliti
432 ÷ 434 MHz	secondario	300 W	10 W	
435 ÷ 436 MHz	esclusivo	300 W	10 W	
436 ÷ 438 MHz	secondario	300 W	10 W	servizio satelliti
1240 ÷ 1245 MHz	secondario	300 W	10 W	
1267 ÷ 1270 MHz	secondario			su richiesta degli interessati per servizio satelliti terra-spazio
1296 ÷ 1298 MHz	secondario	50 W ERP	10 W	le licenze speciali non debbono comunque superare i 50 W ERP su questa banda
2303 ÷ 2313 MHz	secondario	300 W	10 W	
2440 ÷ 2450 MHz	esclusivo	300 W	10 W	+ servizio satelliti
5650 ÷ 5670 MHz	secondario	300 W	10 W	+ servizio satelliti terra-spazio
5760 ÷ 5770 MHz	esclusivo	300 W	10 W	
5830 ÷ 5850 MHz	secondario	300 W	10 W	+ servizio satelliti spazio-terra
10,45 ÷ 10,50 GHz	esclusivo	300 W	10 W	+ servizio satelliti
24 ÷ 25,05 GHz	esclusivo	300 W	10 W	+ servizio satelliti

Sulle frequenze superiori a 144 MHz é consentita la libera trasferibilità per non più di 6 giorni consecutivi e per potenze non superiori a 10 watt

Frequenze in fase di assegnazione dal Ministero PT				
10,100÷ 10,150 MHz	secondario	300 W	-	Per queste frequenze é in fase di preparazione il relativo provvedimento del Ministero PT per l'utilizzo da parte del Servizio di Radioamatore in Italia
47 ÷ 47,2 GHz	esclusivo	300 W	10 W	
75,5 ÷ 76 GHz	esclusivo	300 W	10 W	
76 ÷ 81 GHz	secondario	300 W	10 W	
119,980÷ 120,020 GHz	secondario	300 W	10 W	
142 ÷ 144 GHz	esclusivo	300 W	10 W	
144 ÷ 149 GHz	secondario	300 W	10 W	
241 ÷ 248 GHz	secondario	300 W	10 W	
248 ÷ 250 GHz	esclusivo	300 W	10 W	

In questa tabella sono elencate tutte le bande di frequenza che il Ministro PT italiano assegna al Servizio di Radioamatore. Mentre si attende la definizione delle nostre frequenze sugli 80 metri, la disposizione per la trasferibilità dei 144 MHz deve ritenersi in parte superata

Il Ministero delle poste e delle telecomunicazioni ha facoltà di modificare con proprio provvedimento sia le bande di frequenza assegnate per l'esercizio delle stazioni di radioamatore, sia le classi di emissione consentite su ciascuna banda;

d) le emissioni debbono essere esenti da armoniche e da emissioni parassite per quanto il progresso della tecnica lo consenta;

e) non è consentita l'eccitazione diretta dell'antenna dello stadio finale del trasmettitore sempreché non siano previsti accogimenti tecnici che permettano parimenti una emissione pura;

f) nell'impiego della manipolazione telegrafica debbono essere usati gli accorgimenti necessari per ridurre al massimo le interferenze dovute ai cliks di manipolazione;

g) nell'impiego della telefonia e delle onde di tipo A deve essere evitata qualsiasi modulazione contemporanea di frequenza;

h) non è consentita l'alimentazione del trasmettitore con corrente alternata non raddrizzata ed il raddrizzatore deve essere munito di filtro adatto a ridurre la modulazione dovuta alla fluttuazione della corrente raddrizzata (ronzio di alternata) in misura non superiore al 5%;

i) ogni trasmettitore dovrà essere munito di apparecchi di misura che permettano di controllare le condizioni di funzionamento degli apparecchi di emissione. Nel caso che la frequenza impiegata non sia suscettibile di essere regolata in modo che esse soddisfi alle tolleranze ammesse alla lettera *a)* del presente articolo la stazione deve essere dotata di un dispositivo atto a permettere la misura della frequenza con una precisione almeno uguale alla metà di detta tolleranza.

Art. 10.

Norme di esercizio.

a) L'esercizio della stazione di radioamatore deve essere svolto in conformità delle norme legislative e regolamentari vigenti e con l'osservanza delle prescrizioni della Convenzione internazionale delle telecomunicazioni e dei regolamenti annessi.

b) È vietato l'uso della stazione di radioamatore da parte di persona diversa dal titolare, a meno che non si tratti di persona munita di patente in proprio e sotto la diretta responsabilità civile del titolare della stazione.

In tal caso deve essere usato il nominativo della stazione in cui si svolge la trasmissione e l'inizio e la fine della trasmissione medesima devono essere effettuate dal titolare della stazione.

c) Le radiocomunicazioni devono effettuarsi soltanto con altre stazioni di radioamatore italiane debitamente autorizzate ovvero con stazioni di radioamatore estere, a meno che le competenti Amministrazioni non abbiano notificato la loro opposizione.

d) Le emissioni dovranno essere effettuate soltanto nelle bande di frequenza previste dall'art. 8, lettera *c)*, del presente regolamento.

e) Le radiocomunicazioni fra stazioni di radioamatore devono essere effettuate in linguaggio chiaro e solo nelle lingue italiana, francese, inglese, spagnola, portoghese, tedesca e russa. È ammesso l'impiego del «Codice Q» e delle abbreviazioni internazionali previste dall'I.A.R.U. (International Amateur Radio Union).

f) Le radiocomunicazioni devono essere limitate allo scambio di messaggi di carattere tecnico riguardanti esperimenti radioelettrici e ad osservazioni di carattere puramente personale, che per la loro scarsa importanza non giustifichino l'uso del servizio pubblico delle telecomunicazioni.

g) All'inizio e alla fine delle trasmissioni, nonchè ad intervalli di cinque minuti nel corso di esse, dovrà essere ripetuto il nominativo della stazione emittente.

h) È vietato ai radioamatori di far uso del segnale di soccorso, nonchè di impiegare segnali che possano dar luogo a falsi allarmi.

i) È vietato ai radioamatori di intercettare comunicazioni che essi non hanno titolo a ricevere ed in ogni caso è vietato trascrivere e far conoscere a terzi il contenuto e l'esistenza dei messaggi involontariamente captati.

l) Presso le stazioni di radioamatore deve essere tenuto al corrente un registro nel quale saranno annotate le indicazioni relative alla data, ora e durata delle singole trasmissioni, le caratteristiche tecniche (frequenza, potenza, tipo di trasmissione) i nominativi delle stazioni corrispondenti, il contenuto delle conversazioni effettuate, ecc. Le registrazioni devono essere fatte ad inchiostro o a matita copiativa in modo chiaro e leggibile, senza spazi in bianco, interlinee, trasporti in margine o abrasioni; le eventuali cancellature dovranno essere eseguite in modo che le parole cancellate siano leggibili.

I fogli del registro di stazione debbono essere numerati e firmati dal radioamatore.

I registri dovranno essere tenuti a disposizione del Ministero delle poste e delle telecomunicazioni, il quale ha la facoltà di richiederli in qualsiasi momento o di esaminarli a mezzo di propri ispettori, e debbono essere conservati almeno per l'intero anno solare successivo a quello in cui ha avuto luogo l'ultima annotazione.

m) Qualsiasi trasferimento, anche temporaneo, delle stazioni di radioamatore da un Comune ad un altro, o da un punto ad altro di uno stesso Comune deve essere autorizzato preventivamente dal Ministero delle poste e delle telecomunicazioni

(Vedi Nota 1)

NOTA 1: i titolari di licenze ordinarie e speciali possono trasferire temporaneamente le sole stazioni o apparecchiature operanti su frequenze 144 MHz o superiori, senza preventiva autorizzazione.
(Circolare MPT X 1-7532-122 del 10/6/1972)

Art. 11.

Collaborazione dei radioamatori ad operazioni di soccorso.

Nel caso in cui stazioni di radioamatore ricevessero segnali di soccorso da navi dovranno attenersi alle norme seguenti:

se la stazione è situata in località sede di Comando della Marina militare o di un Ente portuale deve dare, con il mezzo più rapido, immediata notizia a questi per i provvedimenti del caso, segnalando quanto è venuto a sua conoscenza e precisando altresì l'ora e la frequenza di intercettazione del segnale;

se la stazione non è situata in località sede di un Comando della Marina militare o di un Ente portuale, il radioamatore, mancando altra possibilità di rapido collegamento con dette autorità, deve cercare di collegarsi, a mezzo della propria stazione, con altro radioamatore, possibilmente in sede di porto importante, il più vicino alla zona in cui trovasi la nave in difficoltà. Ottenuto il collegamento gli trasmetterà le notizie intercettate ed inviterà il corrispondente ad inoltrarle di urgenza alle autorità militari o portuali.

Qualora il segnale di soccorso sia stato lanciato da un aeromobile, il radioamatore deve immediatamente avvertire l'autorità aeronautica — Comando soccorso aereo — chiamando la stazione 1 SVH.

In ogni caso il radioamatore deve fare il possibile per continuare l'ascolto sulla frequenza su cui ha intercettato il segnale di soccorso, per intercettare e fornire ulteriori notizie.

È fatto comunque obbligo ai radioamatori, nei casi di cui sopra, di informare le autorità locali di pubblica sicurezza e militari di quanto venuto a loro conoscenza.

Art. 12.

Sanzioni amministrative.

In caso di inosservanza delle presenti norme — salva l'applicazione di ogni altro provvedimento o sanzione previsti dal Codice postale e delle telecomunicazioni e dalle altre leggi vigenti — l'Amministrazione provvederà all'applicazione dei seguenti provvedimenti.

1) sanzione pecuniaria da L. 5.000 a L. 50.000, a seconda della gravità dei fatti, applicabile anche cumulativamente con la sospensione di cui al successivo n. 2), da versarsi all'Amministrazione delle poste e delle telecomunicazioni;

2) sospensione dell'attività di radioamatore fino a sei mesi.

La sospensione sarà applicata nei seguenti casi:

recidività in mancanze per cui è stata irrogata una sanzione pecuniaria;

omesso pagamento della sanzione pecuniaria entro il termine assegnato dall'Amministrazione;

uso di linguaggio scorretto nelle radiocomunicazioni;

concessione dell'uso della stazione a chi non sia munito di patente di operatore in proprio o tolleranza di abusi da parte dell'operatore;

effettuazione di radiocomunicazioni con stazioni non autorizzate;

effettuazione di comunicazioni con l'uso di frequenze al di fuori delle bande assegnate ai radioamatori;

esercizio di stazioni prive dei prescritti strumenti di misura;

in ogni altro caso in cui la gravità dei fatti renda, a giudizio dell'Amministrazione, il concessionario meritevole della sospensione;

3) revoca della concessione. La revoca sarà applicata nei seguenti casi:

inosservanza della sospensione dell'attività di radioamatore disposta dal Ministero delle poste e delle telecomunicazioni, ai sensi del n. 2) del presente articolo ed ai sensi dei successivi articoli 14 e 15;

grave recidività in mancanze per le quali sia stata irrogata la sospensione ai sensi del precedente n. 2);

rifiuto di consentire l'accesso ai funzionari incaricati dal Ministero delle poste e delle telecomunicazioni nei locali ove si trovano gli impianti;

uso di stazioni relative a licenze inefficaci ai sensi del precedente art. 7.

Art. 13.

Validità della concessione - Rinnovi

La validità delle licenze di radioamatore ha termine con l'ultimo giorno del trimestre solare entro il quale si compiono cinque anni dalla data del rilascio.

Il rinnovo delle concessioni sarà accordato dal Ministero delle poste e delle telecomunicazioni con le modalità, le procedure e le limitazioni previste agli articoli 4 e 5 del presente regolamento. L'avvenuto rinnovo verrà attestato con apposita annotazione apposta sulla licenza.

Per ottenere il rinnovo, gli interessati, almeno 90 giorni prima della scadenza, devono presentare al Ministero delle poste e delle telecomunicazioni apposita domanda secondo le prescrizioni e con gli allegati di cui al precedente art. 4. Non deve essere allegata l'attestazione di versamento del canone di esercizio qualora questa sia già stata corrisposta per l'anno solare in cui avviene il rinnovo.

Art. 14.

Sospensione dell'attività dei radioamatori - Autorizzazione allo svolgimento di collegamenti speciali.

Il Ministero delle poste e delle telecomunicazioni, per ragioni attinenti alla sicurezza pubblica, alla difesa militare o per altre necessità determinate da casi di emergenza o da gravi ragioni tecniche, potrà, insindacabilmente, in qualsiasi momento e senza indennizzo, sospendere il funzionamento o

revocare le concessioni delle stazioni di radioamatore su tutto il territorio della Repubblica o su parti di esso.

Lo stesso Ministero potrà, in casi di pubblica calamità o per contingenze particolari o di interesse pubblico, autorizzare le stazioni di radioamatore o alcune di esse ad effettuare speciali collegamenti oltre i limiti stabiliti dagli articoli 1 e 10 del presente regolamento.

Art. 15.

Sospensione, decadenza, revoca della concessione.

La concessione d'impianto ed esercizio di stazione di radioamatore sarà sospesa quando risulti al Ministero delle poste e delle telecomunicazioni che il concessionario sia stato denunciato all'autorità giudiziaria per i reati di cui al secondo comma del precedente art. 5.

La concessione potrà essere sospesa quando la denuncia sia stata presentata per i reati di cui alla legge 14 marzo 1952, n. 196.

La concessione decade di diritto quando il concessionario sia venuto a trovarsi nelle condizioni che, ai sensi delle disposizioni di cui ai commi 3), 4) e 5) del precedente art. 5, impediscono il rilascio della concessione stessa, ovvero quando sia stato condannato per i reati di cui alla legge 14 marzo 1952, n. 196.

La concessione potrà, inoltre, essere sospesa e revocata quando all'esercizio di essa ostino ragioni tecniche e quando, per giustificati motivi, il Ministero delle poste e delle telecomunicazioni ritenga che il concessionario non dia più sufficiente affidamento per il legittimo uso della stazione.

Il relativo provvedimento dovrà essere, in ogni caso, motivato.

Le licenze relative a concessioni sospese, decadute o revocate ai sensi del presente articolo e quelle revocate ai sensi del precedente art. 12 devono essere restituite al Ministero delle poste e delle telecomunicazioni.

Art. 16.

Controllo sulle stazioni

I locali, gli impianti ed il registro delle stazioni devono essere, in ogni momento, ispezionabili dai funzionari incaricati dal Ministero delle poste e delle telecomunicazioni.

La licenza di radioamatore deve essere custodita presso la stazione e deve essere esibita a richiesta dei funzionari incaricati della verifica o degli ufficiali ed agenti di pubblica sicurezza.

Nei casi di sospensione, revoca e decadenza della concessione è in facoltà del Ministero delle poste e delle telecomunicazioni di procedere al bloccaggio di tutte o di parte delle apparecchiature che costituiscono la stazione. Il bloccaggio è, invece, obbligatorio nei casi di revoca della concessione per motivi diversi da quelli di cui al primo comma dell'art. 14 e delle ragioni tecniche di cui al quarto comma del precedente art. 15.

Il relativo provvedimento potrà essere, comunque, revocato su domanda motivata dell'interessato.

Art. 17.

Duplicazione.

In caso di smarrimento, distruzione, sottrazione della patente di operatore e della licenza di radioamatore il titolare deve subito chiederne la duplicazione al Ministero delle poste e delle telecomunicazioni, allegando:

1) un atto notorio, o dichiarazione sostitutiva di esso, resa e sottoscritta dall'interessato avanti ad un notaio, al segretario comunale o al funzionario del Ministero delle poste e delle telecomunicazioni, competente a riceverla, attestante la sorte del documento;

2) una marca da bollo del valore prescritto;

3) due fotografie formato tessera, una delle quali autenticata, nel caso in cui si tratti di duplicazione della patente.

Art. 18.

Disposizioni transitorie e finali.

Le licenze di qualunque classe possono essere rilasciate ai richiedenti in possesso dei prescritti requisiti, che siano titolari di patente di qualunque classe rilasciata prima dell'entrata in vigore del presente regolamento.

Il decreto del Presidente della Repubblica 14 gennaio 1954, n. 598 ed il decreto del Presidente della Repubblica 3 agosto 1961, n. 1201 sono abrogati.

Visto, *il Ministro per le poste e le telecomunicazioni*

SPAGNOLLI

Procedure per ottenere le patenti e le licenze, ordinarie o speciali

Le patenti di radioamatore possono essere di due tipi:

a) **ordinaria:** previo superamento dell'esame teorico da parte del candidato, e dell'esame pratico di ricezione e trasmissione in codice morse, alla velocità di 40 caratteri al minuto.

b) **speciale:** previo superamento del solo esame teorico da parte del candidato.

Tale patente, istituita nel 1972, in conformità al 3° punto dell'art. 32 del regolamento internazionale, consente al titolare di operare soltanto su frequenze superiori a 144 MHz; essa può anche venir richiesta da quei candidati che non siano riusciti a superare l'esame pratico di codice morse, pur avendo superato l'esame teorico, identico a quello previsto per la patente ordinaria, del quale riportiamo la completa stesura.

Programma della prova teorica degli esami per il conseguimento della patente di operatore di stazione di radioamatore.

A) **Elettrologia ed elettrotecnica**

Carica elettrica - Campo elettrico - Capacità elettrica e condensatore: unità di misura delle capacità - Differenza di potenziale - Forza elettromotrice e relativa unità dimisura - Corrente continua: unità di misura della corrente - Legge di Ohm - Resistenza elettrica: unità di misura delle resistenze - Effetti della corrente elettrica - Pila ed accumulatore - Induzione elettromagnetica e relative leggi - Mutua induzione - Induttanza - Correnti alternate: periodo, pulsazione, frequenza, ampiezza, valore medio, valore efficace.

Legge di Ohm per la corrente alternata, sfasamento fra tensione e corrente, potenza apparente, reale, fattore di potenza.

Effetti fisiologici della corrente elettrica - Norme di protezoine - Norme di soccorso.

Trasformatori elettrici.

Strumenti ed apparecchi di misura: amperometri e voltmetri per corrente continua e per corrente alternata - Wattmetri.

B) **Radiotecnica - Telegrafia - Telefonia**

Resistenza, induttanza e capacità concentrate - Resistenza, induttanza e capacità distribuite - Comportamento dei circuiti comprendenti resistenze, induttanze e capacità al variare della frequenza.

Risonanza elettrica - Risonanza serie e parallelo di un circuito - Risonanza di due circuiti accoppiati.

Tubi elettronici: tipi, caratteristiche costruttive, curve caratteristiche. Impiego dei tubi elettronici nelle apparecchiature radioelettriche trasmittenti e riceventi. Raddrizzatori - Semiconduttori - Transistori.

Principali caratteristiche elettriche e costruttive dei trasmettitori radiotelegrafici e radiotelefonici delle relative antenne.

Tipi di emissioni radioelettriche.

Nozioni principali sulla propagazione nello spazio delle onde elettromagnetiche in funzione della loro lunghezza.

Ondametri.

Nozioni di telegrafia e telefonia - Telegrafo Morse - Microfono - Telefono - Altoparlante.

C) **Regolamento internazionale delle radiocomunicazioni**

Art. 1. — Definizioni: Servizio d'amatore - frequenza assegnata ad una stazione - tolleranza di frequenza - larghezza di una banda occupata da una emissione - potenza di un radiotrasmettitore.

Art. 2. — Designazione delle emissioni - classi di emissione - larghezza di banda - nomenclatura delle bande di frequenza.

Art. 3. — Norme generali per l'assegnazione e l'impiego delle frequenze.

Art. 5. — Ripartizione delle bande di frequenza - divisione del mondo in regioni — bande di frequenza assegnate ai radioamatori nelle regioni 1, 2, 3.

Art. 12. — Caratteristiche tecniche degli apparati e delle emissioni.

Art. 13. — Controllo internazionale delle emissioni.

Art. 14. — Disturbi e prove.

Art. 15. — Procedura contro i disturbi.

Art. 16. — Rapporti sulle infrazioni.

Art. 17. — Segreto.

Art. 18. — Licenze.

Art. 19. — Sez. seconda. Attribuzione delle serie internazionali - assegnazione degli indicativi di chiamata.

Art. 41. — Stazione d'amatore.

Appendice 13. — Abbreviazione e segnali diversi da usare nelle comunicazioni radiotelegrafiche - Codice «Q».

Visto,
il Ministro per le poste e le telecomunicazioni
SPAGNOLLI

Domande d'esame

Gli esami vengono tenuti solitamente due volte l'anno presso le sedi dei circoli telegrafici-telefonici del Ministero P.T., e vanno indirizzate ovviamente al circolo competente per la regione di residenza dell'interessato.

Le domande vanno inoltrate normalmente entro il 30 aprile o il 30 settembre di ogni anno presso uno dei circoli di cui riportiamo l'elenco, completo di indirizzi, come da fac-simile di domanda che accludiamo.

Fac-simile di domanda d'esame, da spedire per raccomandata con ricevuta di ritorno ad uno dei circoli T.T.; compilata su carta bollata da L. 5.000

Al Circolo delle Costruzioni Telegrafiche e Telefoniche del Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni di .....(1).
Il sottoscritto.....nato a.....
il.....domiciliato a.....in via.....
nr....., al fine di ottenere la patente (3) di operatore di stazione di radioamatore ai sensi delle norme in vigore, chiede di essere ammesso alla prossima sessione di esami che si terranno presso codesto Spett. Circolo (4).

Allega alla presente domanda:

a) due fotografie di cui una legalizzata.
b) una marca da bollo da L. 5.000.
c) dichiarazione cumulativa dell'ufficio anagrafico (2).
d) attestato del versamento di L. 1.000 sul c.c.p. 659003 intestato alla Direzione Centrale P T - Roma - per tassa esami.
e) .....(5).

In attesa di conoscere la data degli esami stessi, porge distinti saluti.

(Data.....) (Firma.....)

1) - Le città sedi di Circolo Costruzioni T.T. sono le seguenti: Ancona, Bari, Bologna, Bolzano, Cagliari, Firenze, Genova, Messina, Milano, Napoli, Palermo, Reggio Calabria, Roma, Sulmona, Torino, Trieste, Venezia e Verona.

(vedere gli indirizzi dei Circoli a pag. 282)

2) - In luogo di tale dichiarazione potra essere allegato altro documento valido dal quale risultino le generalità ed il domicilio del richiedente.
3) - Indicare se si richiede la patente "ordinaria" o la patente "speciale".
4) - Oppure, nel caso di richiesta di esonero:.....chiede di essere esonerato dalla prova di.....dell'esame previsto.
5) - In caso di richiesta di esonero, indicare i titoli o requisiti di cui si è in possesso, per i quali si allega la documentazione.

La Licenza

Una volta ottenuta la patente, potrà essere richiesta dal suo titolare la rispettiva licenza, inoltrando al Circolo T.T. la domanda come dal fac-simile che riportiamo, compilata su carta bollata da lire 5.000, e spedita per raccomandata con ricevuta di ritorno.

Fac-simile di domanda per la licenza:

Direzione Compartimentale P.T. per (6)

Ufficio 3° - Reparto 4° - TLC

Il sottoscritto.....nato a.....il.....
domiciliato a.....in via.....nr.....
avendo conseguito presso il Circolo Costruzioni T.T. di.....la patente (4).....di operatore di stazione di radioamatore, chiede a codesta Direzione Compartimentale, ai sensi delle norme in vigore, la concessione della licenza.....(5) per l'impianto e l'esercizio di una stazione radiantistica, sita nella sua abituale residenza di via.....nr.....
.....

Allega pertanto i seguenti documenti:

a) ricevuta dell'abbonamento alle radioaduzioni per l'anno in corso (2);
b) attestazione del versamento di L.....(1) classe/per la licenza speciale (4).
c) una marca da bollo da L. 5.000
d) certificato di residenza (3).

Il sottoscritto dichiara che si atterrà alle norme di impianto e di esercizio emanate dall'On.le Ministero P.T.

Con osservanza.

Data..... Firma.....

1) - I Classe: 75 W - L.3.000 — II Classe: 150 W - L.4.000 — III Classe: 300 W - L. 6.000
La licenza speciale è considerata come la I Classe (L.3.000).
2) - In luogo della ricevuta potrà essere allegata una fotocopia della stessa.
3) - In luogo di tale certificato potrà essere allegata una attestazione delle competenti autorità (uffici comunali od autorità locali di P.S.) dalla quale risulti il domicilio o l'abituale residenza del richiedente.
4) - Indicare se patente "ordinaria" o patente "speciale".
5) - Ordinaria di I, di II o di III classe oppure "speciale".
6) - **Vedere gli indirizzi delle Dir. Comp.**

Nota

La licenza è rilasciata solo a chi abbia raggiunto il 16.mo anno di età. Sino al 18.mo anno di età gli aspiranti alla licenza devono presentare unitamente agli altri documenti una dichiarazione di chi esercita la patria potestà di consenso e di assunzione delle responsabilità civili, resa dinnanzi alle competenti autorità.

I militari in servizio permanente, che intendono installare la stazione in uno stabilimento militare, dovranno allegare anche il nulla osta della competente autorità militare.

Circoli Costruzioni T.T.
e Direzioni Compartimentali P.T.

Piemonte e Valle d'Aosta c/c/p n. 22167100
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via dell'Arcivescovado 9 - 10121 Torino.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via F. Morosini 19 - 10128 Torino.

Lombardia c/c/p n. 25532201
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via Tazzoli 2 - 20154 Milano.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via Oreïici 15 - 20123 Milano.

Trentino Alto Adige c/c/p n. 324384
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - piazza Domenicani 3 - 39100 Bolzano.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via Dogana - 38100 Trento.

Veneto (2 sedi) c/c/p n. 15317308
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - Sestiere di Castello 4661 - 30122 Venezia.

Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via Adua 6- 37121 Verona - (solo per le provincie di: Rovigo, Verona, Vicenza).

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - San Giobbe - Fond. di Cannaregio - 30121 Venezia.

Friuli Venezia Giulia c/c/p n. 16821340
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - piazza Vittorio Veneto 1 - 34132 Trieste.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via Sant'Anastasio 12 - 34134 Trieste.

Liguria c/c/p n. 205161
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via G.M. Saporiti 7 - 16134 Genova.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via Spalato 25 - 16141 Genova.

Emilia Romagna c/c/p n. 164400
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via F.lli Cairoli 9 - 40121 Bologna.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via dei Toschi 4 - 40124 Bologna.

Toscana c/c/p n. 10016509
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via Pellicceria 3 - 50123 Firenze.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - piazza Repubblica 6 - 50123 Firenze.

Marche - Umbria c/c/p n. 12794608
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via Martiri della Resistenza 71 - 60122 Ancona.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via Piave - 60124 Ancona.

Lazio c/c/p n. 659003
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - viale di Trastevere 189 - 00153 Roma.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - piazza Dante - 00185 Roma.

Abruzzi - Molise c/c/p n. 11441656
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via Pola, Palazzo delle Telecomunicazioni - 67039 Sulmona (AQ).

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via Potenza 7 - 65100 Pescara.

Puglia - Basilicata c/c/p n. 14733703
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - viale V.J. Lenin 13 - 70125 Bari.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - viale Lenin - 70125 Bari.

Campania c/c/p n. 260802
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via S. Tommaso d'Aquino 36 - 80133 Napoli.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - piazza G. Garibaldi 19 - 80142 Napoli.

Calabria c/c/p n. 351890
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via Miraglia - 89100 Reggio Calabria.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via Nazionale Pentimele - 89100 Reggio C.

Sicilia (2 sedi) c/c/p n. 259903
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via C. Colombo 3 - Palazzo P.T. - 98100 Messina - (per le provincie di: Catania, Enna, Messina, Ragusa, Siracusa).

Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via Roma - Palazzo P.T. - 90133 Palermo - (per le provincie di: Agrigento, Caltanissetta, Palermo, Trapani).

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - via Ausonia 122 - 90146 Palermo.

Sardegna c/c/p n. 185090
Circolo Costruzioni T.T. del Ministero P.T. - via Simeto - 09100 Cagliari.

Direzione Compartimentale P.T. - Ufficio 3 - Reparto 4 - T.L.C. - viale Trieste - 09100 Cagliari.

SINTESI SUGLI OBBLIGHI DEL RADIOAMATORE; ESERCIZIO DELLA STAZIONE D'AMATORE

Si possono sintetizzare gli obblighi del radioamatore in riguardo sia alle normative Internazionali che a quelle emanate dalle autorità nazionali nei seguenti punti:

1) Far uso della stazione radio e degli apparecchi ad essa pertinenti curando di non causare disturbi o interferenze di alcun genere anche ricorrendo a filtri, a riduzione di potenza emessa ovvero operando in orari dove eventuarli disturbi causino minori interferenze.

2) Far uso della stazione radio solo a titolo personale, mai a fine di lucro, e solo per le finalità di istruzione e sperimentazione previste dalle norme.

3) Curare la tenuta del registro di stazione, consentire l'eventuale ispezione del locale ove la stazione è situata da parte dei funzionari preposti, quando ciò venga richiesto.

4) Non operare su frequenze al di fuori delle bande assegnate o con potenze superiori a quelle concesse, ovvero con modulazioni o sistemi non consentiti.

5) Mantenere **il segreto** sul traffico radio trasmesso o intercettato, anche involontariamente, ancorchè il contenuto dei messaggi appaia di trascurabile importanza.

6) Provvedere al rinnovo della licenza (che ha scadenza quinquennale) con la dovuta tempestività (almeno 40 giorni prima della data di scadenza).

7) Durante i collegamenti dichiarare frequentemente il proprio nominativo, soprattutto all'inizio e alla fine del collegamento.

8) Accertarsi prima di trasmettere, che la frequenza sia libera, che non vi siano collegamenti in corso, e lasciare spazio per eventuali chiamate di altri operatori sulla stessa frequenza.

9) Dotare la stazione degli apparecchi di controllo utili a verificare la frequenza e la potenza con sufficiente precisione ed effettuare frequenti controlli al fine di rimediare prontamente ad eventuali anomalie.
Dotare inoltre la stazione di convenienti sistemi di sicurezza atti ad evitare contatti elettrici e pericolo di scosse o folgorazioni (scaricatori, salvavita, etc.).

10) Usare cortesia e tolleranza nei confronti dei colleghi radioamatori, fornendo loro le informazioni richieste e ogni aiuto necessario per agevolare il servizio amatoriale; curare l'aggiornamento sia tecnico che normativo, mantenendo la stazione in piena efficienza.

ESERCIZI SUL CAPITOLO 20

20-1 Puoi usare la stazione di radioamatore con la licenza d'esercizio scaduta?

20-2 Puoi effettuare un collegamento sulla frequenza di 7415 kHz?

20-3 Puoi divulgare il contenuto o l'esistenza di radiomessaggi intercettati sulle bande di frequenza riservate ai radioamatori?

20-4 A quale paese appartiene la stazione di radioamatore avente nominativo LA1 LP?

20-5 Puoi far usare la tua stazione ad un amico in possesso di patente di radioamatore?

20-6 Il segnale "QRS" rivolto a te cosa significa?

20-7 Quale gruppo di codice "Q" useresti per invitare il tuo corrispondente a trasmettere una serie di «V» per darti modo di sintonizzarlo con precisione?

RISPOSTE

20-1 = Non puoi far uso della stazione se la licenza è scaduta, a meno che tu abbia già iniziato la pratica, di rinnovo e ti sia giunta lettera dall'amministrazione P.T. autorizzante a continuare il servizio.

20-2 = No. Le bande amatoriali sui 7 MHz sono 7,0 ÷ 7,1 per le regioni 1 e 2; 7,0÷7,3 per la sola regione 3.

20-3 = No. È obbligatorio il segreto!

20-4 = Alla Norvegia

20-5 = Sì. Devi tuttavia farne annotazione sul registro di stazione e del collegamento rimani responsabile

20-6 = Significa: "diminuisci la velocità di manipolazione!"

20-7 = QSV

RIPORTIAMO, PER CHI INTENDA SOSTENERE L'ESAME

Alcuni argomenti d'esame assegnati in vari periodi dal circolo costruzioni T.T. di Milano:

25 maggio 1981:
a) Il condensatore, considerazioni sulla capacità, e sulle caratteristiche essenziali dei condensatori; capacità in serie ed in parallelo e relativo calcolo.
b) Procedure contro i disturbi.

26 maggio 1981:
a) Schemi a blocchi e considerazioni circuitati di trasmettitori e ricevitori in modulazione d'ampiezza.
b) Validità e scadenza delle concessioni.

31 maggio 1981:
a) Schema a blocchi e considerazioni sul funzionamento e il collegamento di un alimentatore, comprendente voltmetro e amperometro.
b) Norme di esercizio di stazione di radioamatore (art. 10 del regolamento).

3 novembre 1984:
a) Schema a blocchi e considerazioni sulle principali caratteristiche di un ricevitore SSB.
b) Norme per ottenere la concessione di stazione di radioamatore, norme per il rinnovo.

28 maggio 1985:
a) I filtri e il loro impiego.
b) La stazione di radioamatore, disposizioni generali, norme d'esercizio.

26 maggio 1986:
a) Principi della modulazione d'ampiezza e schema a blocchi di ricevitore supereterodina.
b) Obblighi del radioamatore nell'esercizio della stazione.

27 ottobre 1986:
a) Schema a blocchi di Ricetrasmittente SSB e considerazioni sugli svantaggi e sui vantaggi della modulazione in SSB.
b) Revoca sospensione e decadenza della licenza di radioamatore.

25 maggio 1987:
a) Il trasformatore ideale: rapporto spire/tensione e spire/corrente. Mutua induzione; autoinduzione.
b) Norme tecniche riguardanti la stazioni di radioamatore.

4 novembre 1987:
a) Vantaggi e svantaggi nelle emissioni di tipo SSB: schema a blocchi di ricevitore SSB.
Schema a blocchi di trasmettitore SSB.
Schema e descrizione del funzionamento di un modulatore bilanciato per SSB.

b) Norme d'esercizio della stazione d'amatore (art. 10).

5 novembre 1987:

a) I circuiti risonanti: banda passante di un circuito risonante, e influenza della resistenza parassita nel "Q" del circuito.

b) Sanzioni amministrative per i casi d'innosservanza delle norme relative l'esercizio della stazione d'amatore (art. 12).

30 maggio 1988:

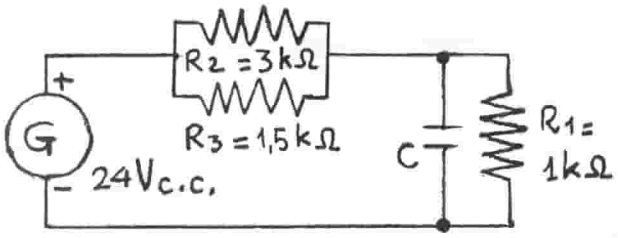
a) In un circuito risonante in serie composto da una induttanza da 40μH, una resistenza da 80 Ohm e una capacità ignota, risonante alla frequenza di 90 MHz, calcolare:
   1) la capacità C per la risonanza, in PicoFarad.
   2) Il "Q" (fattore di merito) del circuito.
   3) La banda passante "B" del circuito.
   4) Tracciare un grafico indicante la corrente nel circuito in funzione di alcune frequenze prossime alla risonanza. (Curva di risposta).

b) Norme d'esercizio per le stazioni di radioamatore (art. 10).

7 novembre 1988:

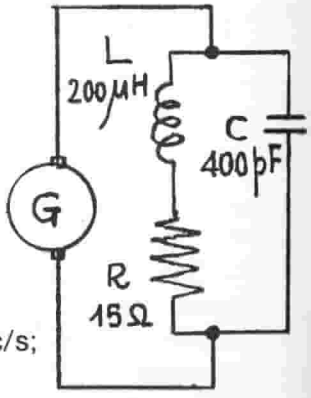
a) nel circuito della figura calcolare:
   1) la corrente che scorre in ciascuna resistenza.
   2) La potenza dissipata in ciascuna resistenza.
   3) La potenza totale erogata dal generatore.

b) Norme di esercizio per le stazioni di radioamatori. (art. 10).



8 novembre 1988:

a) Nel circuito di figura calcolare:
   1) La frequenza del generatore G per la risonanza.
   2) Il fattore di merito "Q" del circuito.
   3) L'impedenza presentata dal circuito alla risonanza.
   4) La larghezza di banda "B" in Kc/s.



Risposte:
1) 562,97 Kc/s; 2) 47,15; 3) 33,36 KΩ; 4) 11,94 Kc/s;

b) Norme tecniche (art. 9).

13 novembre 1989:

a) Descriva il candidato, disegnandone il circuito e indicando i valori approssimativi dei componenti, un moderno alimentatore stabilizzato.

b) Siano descritti i contenuti dell'articolo 4 (ex art. 2) del regolamento internazionale: designazione delle emissioni, larghezza di banda necessaria, classi delle emissioni, suddivisione dele bande di frequenza, bande di frequenza assegnate ai radioamatori nella tre regioni mondiali.

28 maggio 1991:

a) La modulazione a banda soppressa (SSB): vantaggi e svantaggi rispetto alla modulazione di ampiezza a dobbia banda (AM). Descrizione circuitale di uno schema a blocchi di ricevitore per SSB.

b)Articolo 10 del regolamento: norme di esercizio.

29 maggio 1991:

a) Schema a blocchi e descrizione circuitale di un ricevitore per modulazione di frequenza (FM).

b) Articolo 9 del regolamento: norme tecniche.

30 maggio 1991:

a) I circuiti comprendenti induttanze, capacità e resistenze. Il fenomeno della risonanza in serie; banda passante e larghezza di banda, curva di risposta e "Q" del circuito.

b) Articolo 9 del regolamento: norme tecniche.

APPENDICE

Misure fisiche ed elettriche

Denominazione	Simbolo	Unità di misura
Lunghezza	l	metro (m)
Temperatura	T; t	grado kelvin; grado celsius (°C)
Tempo	t	secondo (S)
Potenziale elettrico	E	Volt (V)
Forza elettromotrice	E	Volt (V)
Differenza di potenziale	V	Volt (V)
Carica elettrica	Q	Coulomb (C)
Potenza elettrica	P	Watt (W)
Potenza meccanica	P (1Hp= 735,5 W)	Cavallo vapore (Hp)
Potenza elettr. apparente	S	Volt Ampere (VA)
Capacità erogativa	Ah	Amper-ora (Ah)
Corrente elettrica	I	Ampere (A)
Resistenza elettrica	R	Ohm (Ω)
Resistività dei conduttori	P (rho greco)	ohm-metro (Ω.m)
Reattanza	X	ohm (Ω)
Reattanza	X	ohm (Ω)
Impedenza	Z	ohm (Ω)
Frequenza	f	Herz; ciclo/s (Hz); (c/s)
Induttanza	H	Henry (H)
Energia	W	Jolle (J)
Fase	φ (fi greco)	Grado angolare (°)

Misure geometriche

LUNGHEZZA

Pollice inglese (inch)	=	cm 2539
Piede inglese (foot)	=	cm 30,480
Yarda (yard)	=	cm 91,439
Braccio (fathom)	=	m 1,829
Miglio marino interaz.	=	m 1852
Lega terrestre	=	m 4452
Lega marina	=	m 5555,5
Micron (μ)	=	mm 0,001
Angstrom (A)	=	mm 0,0000001

SUPERFICIE

Pollice quadrato (sq. in.)	=	cm^2 6,451
Piede quadrato (sq. ft.)	=	m^2 0,0929
Miglio quadrato (sq. mi.)	=	km^2 3,429
Ettaro (ha)	=	m^2 10.000

VOLUME

Pollice cubico	=	cm^3 16,387
Piede cubico	=	dm^3 28,317

CAPACITA'

Pinta (pt.)	=	litri 0,568
Gallone americano	=	litri 3,785
Barile - petrolifero	=	litri 158,990

PESI

Oncia preziosa (oz.)	=	g 31,103
Libbra preziosa (lb.)	=	g 373,248
Carato	=	mg 200
Oncia comune	=	g 28,349
Libbra comune	=	g 453,592
Tonnellata mercantile (l.ton)	=	kg 1016,047
Tonnellata stazza per navi *	=	mc 2,8317

* (è una misura non di peso, ma di volume)

Moderno ricetrasmittente per altissime frequenze, adatto per usi mobili: consente la copertura della banda 144 ÷ 150 MHz, la memorizzazione di diverse frequenze e la loro ricerca automatica.

Tabella dei multipli e sottomultipli

I nomi dei multipli e sottomultipli delle unità di misura sono formati mediante i prefissi elencati in tabella.

Fattore per il quale l'unità va moltiplicata	Prefisso	Simbolo
1 000 000 000 000 $= 10^{12}$	tera	T
1 000 000 000 $= 10^{9}$	giga	G
1 000 000 $= 10^{6}$	mega	M
1 000 $= 10^{3}$	kilo	k
100 $= 10^{2}$	etto	h
10 $= 10^{1}$	deca	da
0·1 $= 10^{-1}$	deci	d
0·001 $= 10^{-3}$	milli	m
0·000 001 $= 10^{-6}$	micro	μ
0·000 000 001 $= 10^{-9}$	nano	n
0·000 000 000 001 $= 10^{-12}$	pico	p
0·000 000 000 000 001 $= 10^{-15}$	femto	f
0·000 000 000 000 000 001 $= 10^{-18}$	atto	a

Alfabeto greco

A	α	: *alfa*	**N**	ν	:	*ni*
B	β	: *beta*	**Ξ**	ξ	:	*xi*
Γ	γ	: *gamma*	**O**	ο	:	*omicron*
Δ	δ	: *delta*	**Π**	π	:	*pi greco*
E	ε	: *epsilon*	**P**	ρ	:	*ro*
Z	ζ	: *zeta*	**Σ**	σ ς	:	*sigma*
H	η	: *eta*	**T**	τ	:	*tau*
Θ	ϑ	: *teta*	**Y**	υ	:	*ipsilon*
I	ι	: *iota*	**Φ**	φ	:	*fi*
K	κ	: *kappa*	**X**	χ	:	*chi*
Λ	λ	: *lambda*	**Ψ**	ψ	:	*psi*
M	μ	: *mu*	**Ω**	ω	:	*omega*

ALFABETO FONETICO			
A alfa	F foxtrot	M mike	T tango
B bravo	G golf	N november	U uniform
C charlie	H hotel	O oscar	V victor
D delta	I india	P papa	W whisky
E echo	J julet	Q quebec	X x ray
	K kilo	R romeo	Y yankee
	L lima	S sierra	Z zulu

Codice RST sulla qualità dei segnali: di comune uso fra radioamatori

R = COMPRENSIBILITÀ	S = INTENSITÀ	T = NOTA (solo per CW)
1. Incomprensibile.	1. Segnali debolissimi, appena percettibili.	1. Nota estremamente ronzante gorgogliante.
2. Appena comprensibile. Si distingue solo qualche parola ogni tanto.	2. Segnali molto deboli.	2. Nota assai ronzante di AC (corrente entrata), senza traccia di musicalità.
3. Comprensibile con considerevole difficoltà.	3. Segnali deboli.	3. Nota ronzante di AC di tono basso leggermente musicale.
4. Comprensibile sostanzialmente senza difficoltà.	4. Segnali discreti.	4. Nota piuttosto ronzante di AC, discretamente musicale.
5. Perfettamente comprensibile.	5. Segnali discretamente buoni.	5. Nota modulata musicale.
	6. Segnali buoni.	6. Nota modulata, leggera traccia di fischio.
	7. Segnali moderatamente forti.	7. Nota quasi DC (corrente continua); leggero ronzio.
	8. Segnali forti.	8. Buona nota di DC, appena una traccia di ronzio.
	9. Segnali fortissimi.	9. Nota purissima di DC.

L'ALFABETO MORSE

Di norma la lunghezza della linea deve corrispondere a tre punti. Il distacco fra due parole o gruppi deve corrispondere ad almeno due linee.

Lettere

A	.—	O	———
B	—...	P	.——.
C	—.—.	Q	——.—
D	—..	R	.—.
E	.	S	...
F	..—.	T	—
G	——.	U	..—
H	....	V	...—
I	..	W	.——
J	.———	X	—..—
K	—.—	Y	—.——
L	.—..	Z	——..
M	——		
N	—.		

Numeri

1	.————	6	—....
2	..———	7	——...
3	...——	8	———..
4	....—	9	————.
5	.....	0	—————

Lettere anomale, accentuate e segni di interpunzione *

Ä	.—.—	.	(punto)	.—.—.—
À	.——.—	,	(virgola)	——..——
CH	————	;	(punto e virgola)	—.—.—.
È	..—..	:	(due punti)	———...
Ñ	——.——	?	(interrogativo)	..——..
Ò	———.	/	(frazione)	—..—.
Ù	..——	=	(eguale)	—...—
Ç	—.—..	—	(tratto)	—....—
		'	(apostrofo)	.————.
		"	(virgolette)	.—..—.
		(	(parentesi)	—.——.
		)	(parentesi chiusa)	—.——.—

* Tali caratteri NON sono richiesti per l'esame di radioamatore e il loro uso è molto limitato nella pratica in telegrafia, con esclusione del punto interrogativo, della barra di frazione e della E accentuata, che sono abbastanza usati.

Legge di Ohm per corrente continua: formule

$$R = \frac{V}{I} = \frac{V^2}{W} = \frac{W}{I^2}$$

$$V = \frac{W}{I} = I \cdot R = \sqrt{W \cdot R}$$

$$I = \frac{W}{V} = \frac{V}{R} = \sqrt{\frac{W}{R}}$$

$$W = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = I^2 \cdot R$$

RESISTENZE IN SERIE:

Sommano i loro valori secondo la formula:

R totale = R1 + R2 + R3 .....

RESISTENZE IN PARALLELO:

$$\text{R totale} = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}}$$

CONDENSATORI IN SERIE:

$$\text{C totale} = \frac{1}{\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}}$$

CONDENSATORI IN PARALLELO:

Sommano i loro valori: C totale = C1 + C2 + C3 .....

LEGGE DI OHM PER LA CORRENTE ALTERNATA: FORMULE

$$Z = \frac{V}{I} \quad ; \quad W = I \cdot V \cdot \cos\varphi \quad ; \quad \text{Cos}\,\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{W}{V \bullet I}$$

$$Z = \sqrt{X^2 + R^2}$$

$X = XL - XC$ oppure $XC - XL$

$$X_L = 2 \bullet \pi \bullet f \bullet L \quad ; \quad L = \frac{X_L}{2 \bullet \pi \bullet f} \quad ; \quad f = \frac{X_L}{2 \bullet \pi \bullet L}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \bullet \pi \bullet f \bullet C} \quad ; \quad C = \frac{1}{2 \bullet \pi \bullet f \bullet X_C} \quad ; \quad f = \frac{1}{2 \bullet \pi \bullet C \bullet X_C}$$

CONDIZIONI DI RISONANZA ($X_L = X_C$); FORMULE:

$$1 = 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C \cdot f^2$$

$$L = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot C \cdot f^2}$$

$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot f^2}$$

$$f^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C} \quad ; \quad f = \sqrt{\left(\frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C}\right)}$$

$$\text{Banda passante (B)} = \frac{f}{Q} \quad ; \qquad \text{Fattore di merito (Q)} = \frac{f}{B} \quad ;$$

$$\text{Risonanza in parallelo: } Z = \frac{X_L^2}{R} = X_L \bullet Q$$

Risonanza in serie: $Z = R$

Tabelle per i calcoli su bobine, sui decibel e sul rapporto d'onda stazionaria

Calcolo di bobine: con il monogramma riportato è possibile realizzare praticamente bobine della induttanza desiderata, basta munirsi d'un righello e di una matita e procedere come segue.
Supponiamo di voler costruire una bobina con 100 spire di filo sopra un supporto isolante avente diametro di 50 mm. Se il filo impiegato ha diametro 0,2 mm. la lunghezza dell'intera bobina sarà (100 . 0,2 = 20 mm)
pertanto il rapporto diametro-lunghezza sarà: 50 : 20 = 2,5

Tracciamo ora la retta congiungente il punto di riferimento trovato con la prima traccia (3,8) e il diametro del supporto (50). La retta ci indica che l'induttanza della nostra bobina sarà di 600 μH.

Il calcolo, pur approssimativo, è di grande praticità ed è l'unico che consenta la costruzione di bobine avvolte in aria.

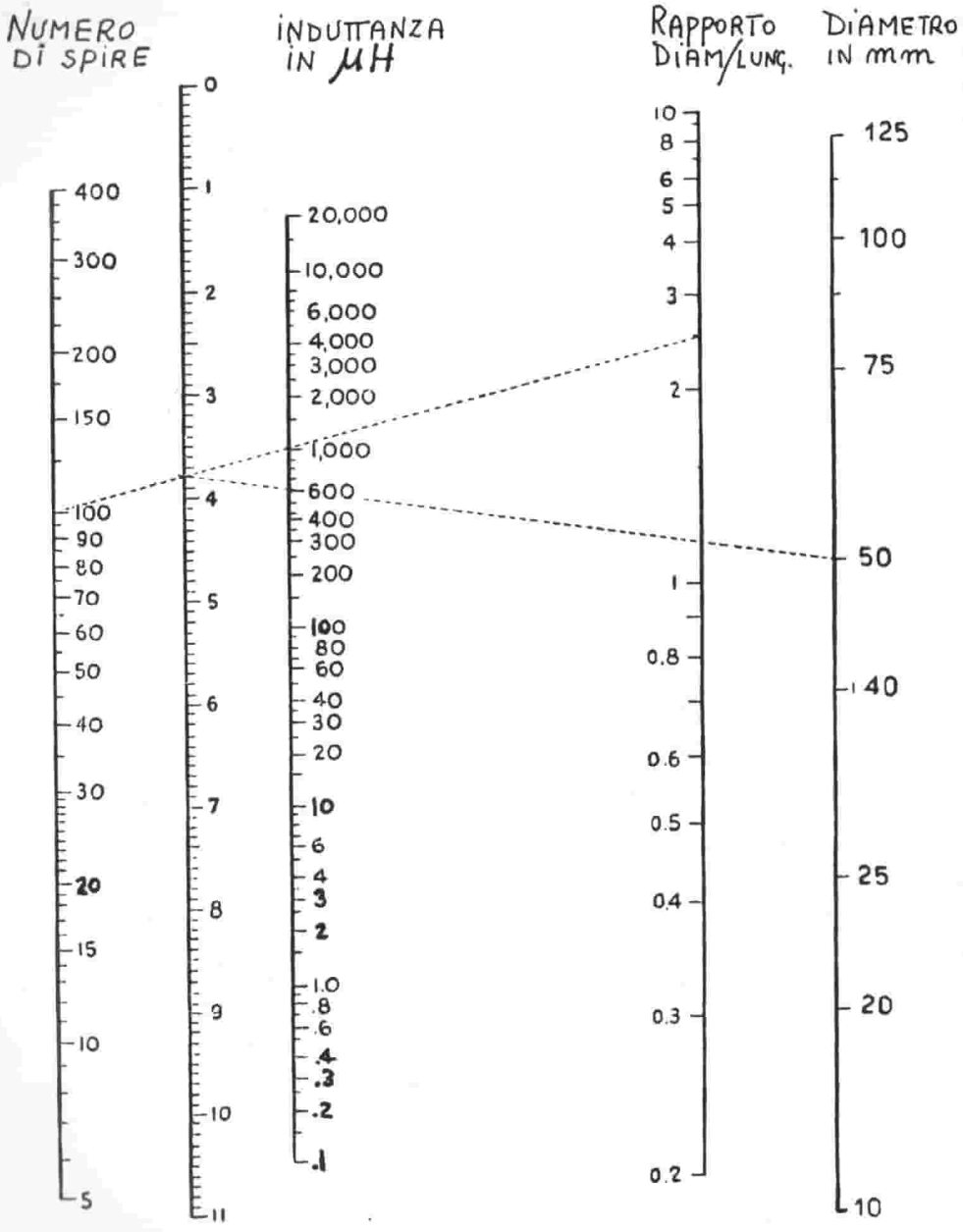
Calcolo con i dB: Grazie alla tabella dei decibel riportata è molto facile calcolare con immediatezza guadagni o attenuazioni, sia in potenza (Watt) che in tensione (Volt).
Supponiamo infatti voler calcolare quanti Watt troveremo all'uscita di un amplificatore da 15,4 dB entrando in esso con potenza di 5 milliwatt.
Sulla tabella alla riga "dB" 15,4 troviamo alla corrispondente riga "Power ratio" 34,67. Basterà moltiplicare i milliwatt d'ingresso (5) per tale valore per trovare la potenza d'uscita: 5 . 34,67 = 173,35 mW.
Analogamente possono ricavarsi guadagni o perdite riferiti ai dB per le tensioni, alle colonne "— Voltage ratio" per le perdite o attenuazioni, e "+ Voltage ratio" per i guadagni.
Per calcoli oltre i 20 dB segnati in tabella si procederà progressivamente: ad esempio un guadagno di 67,5 dB per un amplificatore nel quale si immettano 0,3 milliwatt, si procederà come segue:
0,3 mW + 20 dB = 3 . 100 = 30 mW
30 mW + 20 dB = 30 . 100 = 3.000 mW
3000 mW + 20 dB = 3000 . 100 = 300.000 mW = 300 W
300 W + 7,5 dB = 300 . 5,623 = 1686,9 W

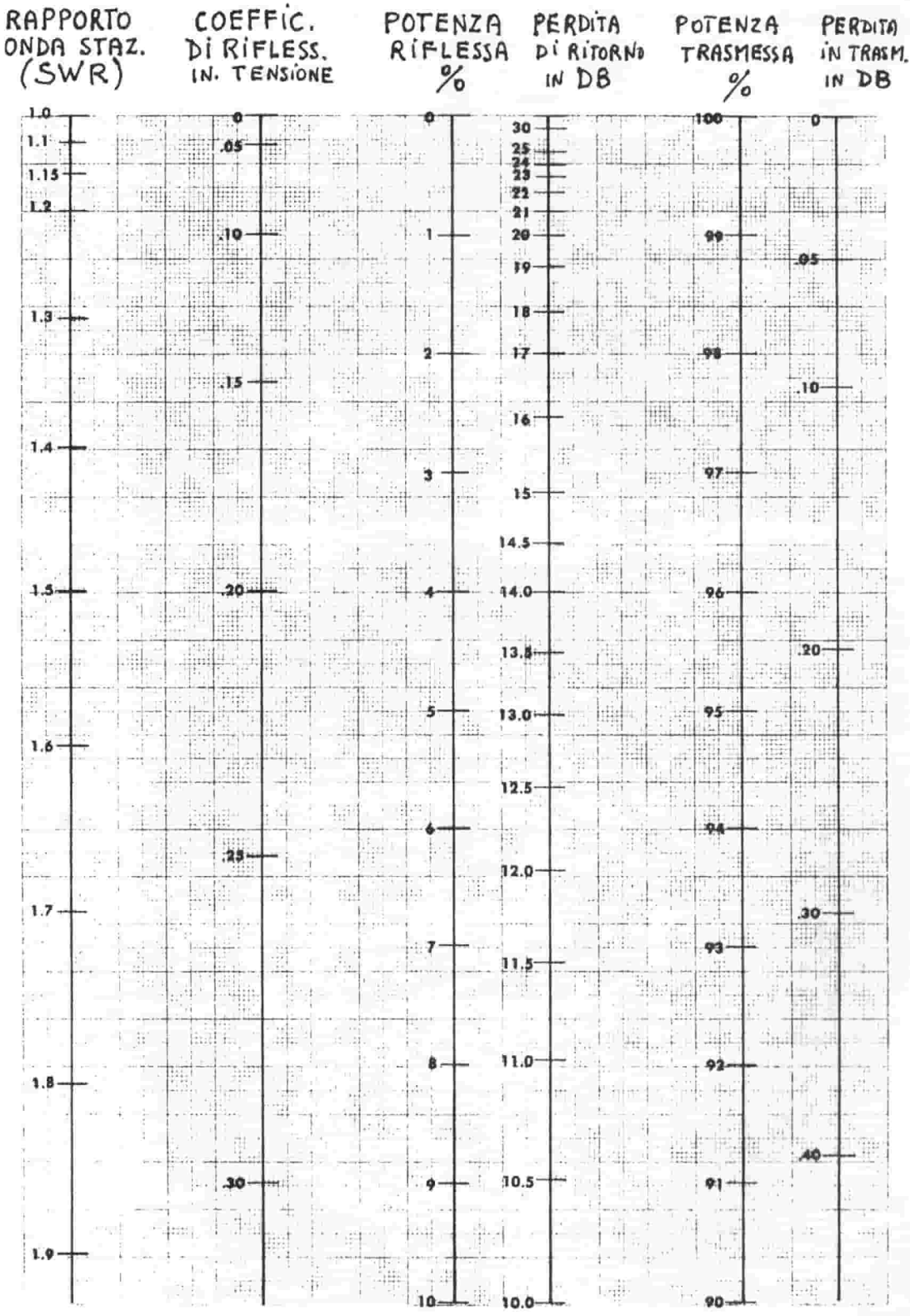
Tabella per gli effetti del rapporto d'onda stazionaria (SWR)

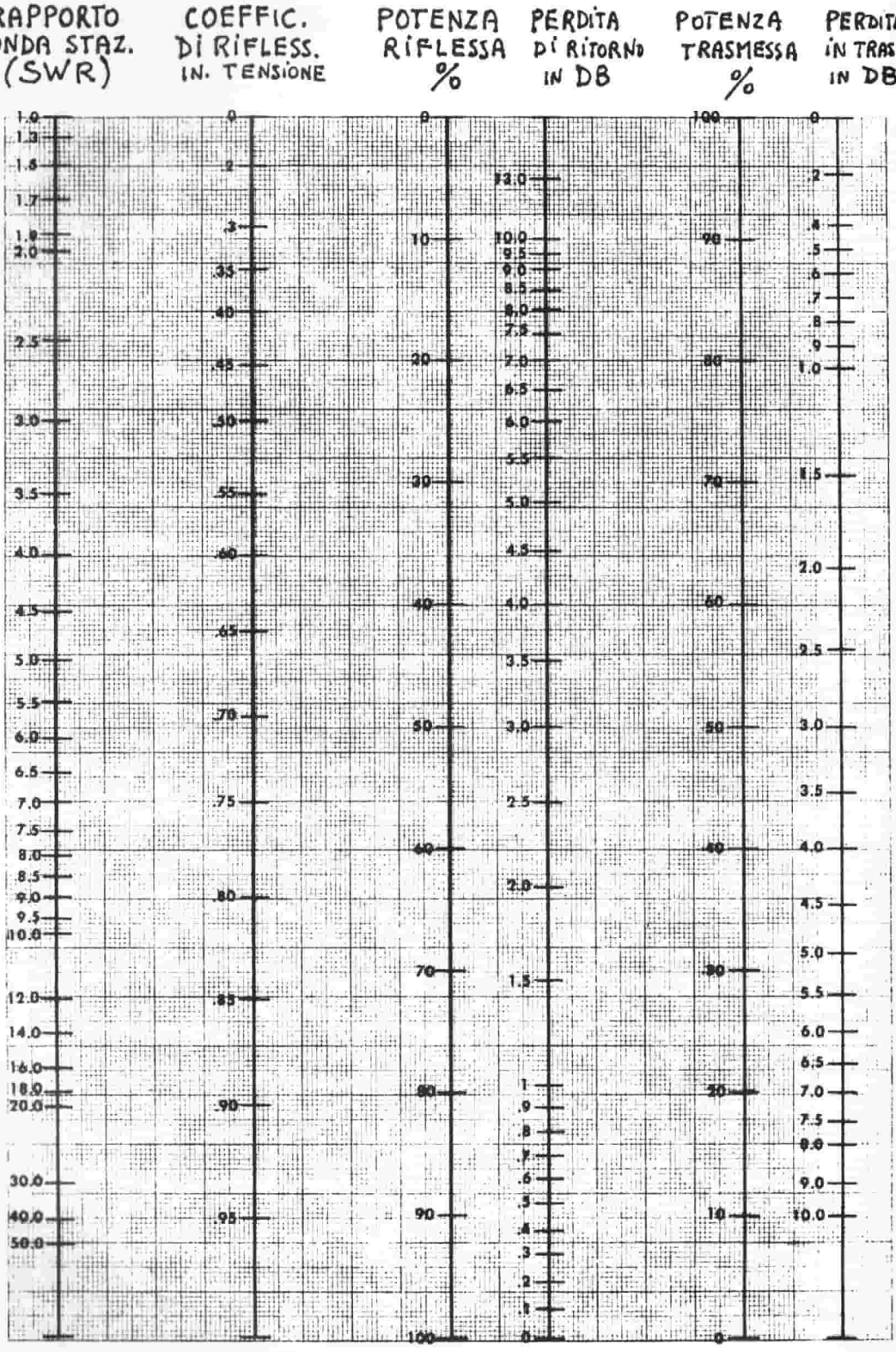
La presenza di onde stazionarie fra l'apparato ricetrasmittente e l'antenna comporta diversi effetti, tutti facilmente rilevabili grazie alle tavole riportate; le tavole sono identiche ma la prima contiene valori di SWR da 1 a 50, per rilievi grossolani; la seconda comprende invece valori di SWR da 1 a 1,9, per rilievi molto precisi nel campo di valori SWR praticamente riscontrabili negli impianti.

Se un preciso rosmetro ci indicasse valore 1,5 potremmo facilmente rilevare dalle tavole che il nostro trasmettitore emette dall'antenna il 96% della potenza disponibile, mentre il 4% viene riflesso verso lo stesso trasmettitore; tale perdita significa un valore in dB di circa 0,18 dB (ultima colonna). Mentre in tensione verrà perduto circa il 20% (seconda colonna) e conseguentemente un segnale ricevibile con SWR 1 a 100 μV, con SWR 1,5 verrà ricevuto attenuato del 20%, con soli 80 μV.
Non va dimenticato che la presenza di onde stazionarie sulle linee d'antenna può provocare insorgenza di spurie nell'emissione. È per tale motivo che si tenta di ridurre al minimo il valore SWR negli impianti trasmittenti.

MONOGRAMMA PER IL CALCOLO DELLE BOBINE




RAPPORTO ONDA STAZ. (SWR)
COEFFIC. DI RIFLESS. IN. TENSIONE
POTENZA RIFLESSA %
PERDITA DI RITORNO IN DB
POTENZA TRASMESSA %
PERDITA IN TRASM. IN DB
1.0
1.1
1.15
1.2
1.3
1.4
1.5
1.6
1.7
1.8
1.9
0
.05
.10
.15
.20
.25
.30
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
30
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14.5
14.0
13.5
13.0
12.5
12.0
11.5
11.0
10.5
10.0
100
99
98
97
96
95
94
93
92
91
90
0
.05
.10
.20
.30
.40


RAPPORTO ONDA STAZ. (SWR)
COEFFIC. DI RIFLESS. IN. TENSIONE
POTENZA RIFLESSA %
PERDITA DI RITORNO IN DB
POTENZA TRASMESSA %
PERDITA IN TRASM. IN DB

SIMBOLI GRAFICI STANDARD

CONDEN SATORE

CONDENS. VARIABILE

CONDENS. REGO- LABILE

CONDENS. ELETTRO- LITICO

CONDENS. ELETTRO- LITICO

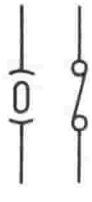
BATTERIA

TENSIONE VARIABILE

RESI- STENZA

POTEN- ZIOMETRO

RESIST. VARIA BILE



FUSIBILI

ANTENNA

TERRA

MASSA o comune

INTERRUT- TORE

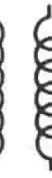
INDUT- TANZA

INDUTT. SU NUCLEO IN FERRITE

INDUTT. SU NUCLEO IN FERRO

INDUTT. REGOLA- BILE

INDUT- TANZA CON PRESE



TRASFORM. IN ARIA

TRASFORM. AD AC- CORDO VA- RIABILE

TRASFORM. SU NUCLEO FERRO MAGN.

LAMPADA

SCHERMO

CAVI SCHERMATI

AURICO- LARE

ALTO- PARLANTE

MICRO- FONO

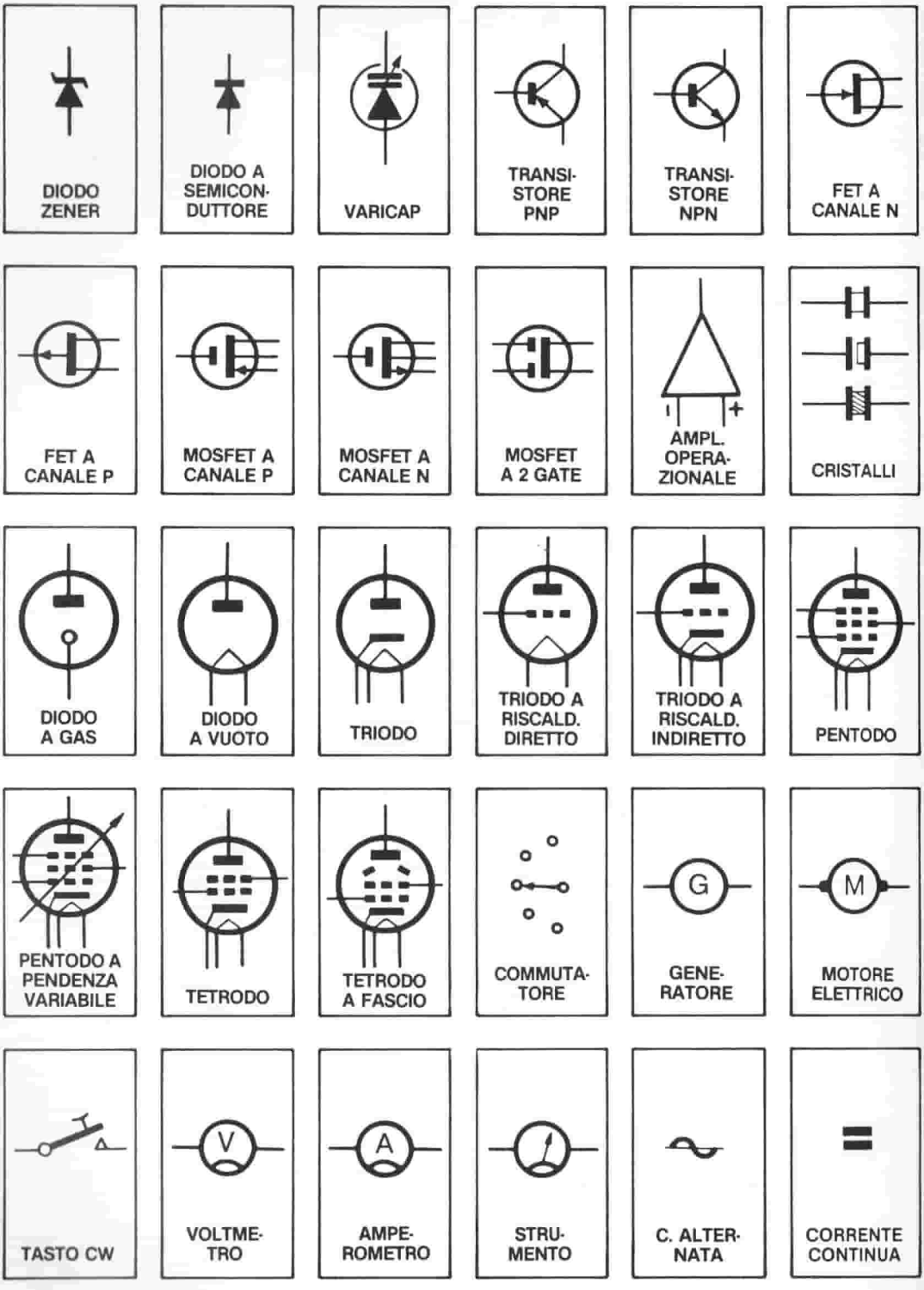

DIODO ZENER
DIODO A SEMICON-DUTTORE
VARICAP
TRANSI-STORE PNP
TRANSI-STORE NPN
FET A CANALE N
FET A CANALE P
MOSFET A CANALE P
MOSFET A CANALE N
MOSFET A 2 GATE
AMPL. OPERA-ZIONALE
CRISTALLI
DIODO A GAS
DIODO A VUOTO
TRIODO
TRIODO A RISCALD. DIRETTO
TRIODO A RISCALD. INDIRETTO
PENTODO
PENTODO A PENDENZA VARIABILE
TETRODO
TETRODO A FASCIO
COMMUTA-TORE
G
GENE-RATORE
M
MOTORE ELETTRICO
TASTO CW
V
VOLTME-TRO
A
AMPE-ROMETRO
STRU-MENTO
C. ALTER-NATA
CORRENTE CONTINUA

TABELLA DEI DECIBEL

Voltage Ratio	Power Ratio	−db +	Voltage Ratio	Power Ratio	Voltage Ratio	Power Ratio	−db +	Voltage Ratio	Power Ratio	Voltage Ratio	Power Ratio	−db +	Voltage Ratio	Power Ratio
1.0000	**1.0000**	**0**	**1.000**	**1.000**	**.4467**	**.1995**	**7.0**	**2.239**	**5.012**	**.1995**	**.03981**	**14.0**	**5.012**	**25.12**
.9886	.9772	.1	1.012	1.023	.4416	.1950	7.1	2.265	5.129	.1972	.03890	14.1	5.070	25.70
.9772	.9550	.2	1.023	1.047	.4365	.1905	7.2	2.291	5.248	.1950	.03802	14.2	5.129	26.30
.9661	.9333	.3	1.035	1.072	.4315	.1862	7.3	2.317	5.370	.1928	.03715	14.3	5.188	26.92
.9550	.9120	.4	1.047	1.096	.4266	.1820	7.4	2.344	5.495	.1905	.03631	14.4	5.248	27.54
.9441	.8913	.5	1.059	1.122	.4217	.1778	7.5	2.371	5.623	.1884	.03548	14.5	5.309	28.18
.9333	.8710	.6	1.072	1.148	.4169	.1738	7.6	2.399	5.754	.1862	.03467	14.6	5.370	28.84
.9226	.8511	.7	1.084	1.175	.4121	.1698	7.7	2.427	5.888	.1841	.03388	14.7	5.433	29.51
.9120	.8318	.8	1.096	1.202	.4074	.1660	7.8	2.455	6.026	.1820	.03311	14.8	5.495	30.20
.9016	.8128	.9	1.109	1.230	.4027	.1622	7.9	2.483	6.166	.1799	.03236	14.9	5.559	30.90
.8913	**.7943**	**1.0**	**1.122**	**1.259**	**.3981**	**.1585**	**8.0**	**2.512**	**6.310**	**.1778**	**.03162**	**15.0**	**5.623**	**31.62**
.8810	.7762	1.1	1.135	1.288	.3936	.1549	8.1	2.541	6.457	.1758	.03090	15.1	5.689	32.36
.8710	.7586	1.2	1.148	1.318	.3890	.1514	8.2	2.570	6.607	.1738	.03020	15.2	5.754	33.11
.8610	.7413	1.3	1.161	1.349	.3846	.1479	8.3	2.600	6.761	.1718	.02951	15.3	5.821	33.88
.8511	.7244	1.4	1.175	1.380	.3802	.1445	8.4	2.630	6.918	.1698	.02884	15.4	5.888	34.67
.8414	.7079	1.5	1.189	1.413	.3758	.1413	8.5	2.661	7.079	.1679	.02818	15.5	5.957	35.48
.8318	.6918	1.6	1.202	1.445	.3715	.1380	8.6	2.692	7.244	.1660	.02754	15.6	6.026	36.31
.8222	.6761	1.7	1.216	1.479	.3673	.1349	8.7	2.723	7.413	.1641	.02692	15.7	6.095	37.15
.8128	.6607	1.8	1.230	1.514	.3631	.1318	8.8	2.754	7.586	.1622	.02630	15.8	6.166	38.02
.8035	.6457	1.9	1.245	1.549	.3589	.1288	8.9	2.786	7.762	.1603	.02570	15.9	6.237	38.90
.7943	**.6310**	**2.0**	**1.259**	**1.585**	**.3548**	**.1259**	**9.0**	**2.818**	**7.943**	**.1585**	**.02512**	**16.0**	**6.310**	**39.81**
.7852	.6166	2.1	1.274	1.622	.3508	.1230	9.1	2.851	8.128	.1567	.02455	16.1	6.383	40.74
.7762	.6026	2.2	1.288	1.660	.3467	.1202	9.2	2.884	8.318	.1549	.02399	16.2	6.457	41.69
.7674	.5888	2.3	1.303	1.698	.3428	.1175	9.3	2.917	8.511	.1531	.02344	16.3	6.531	42.66
.7586	.5754	2.4	1.318	1.738	.3388	.1148	9.4	2.951	8.710	.1514	.02291	16.4	6.607	43.65
.7499	.5623	2.5	1.334	1.778	.3350	.1122	9.5	2.985	8.913	.1496	.02239	16.5	6.683	44.67
.7413	.5495	2.6	1.349	1.820	.3311	.1096	9.6	3.020	9.120	.1479	.02188	16.6	6.761	45.71
.7328	.5370	2.7	1.365	1.862	.3273	.1072	9.7	3.055	9.333	.1462	.02138	16.7	6.839	46.77
.7244	.5248	2.8	1.380	1.905	.3236	.1047	9.8	3.090	9.550	.1445	.02089	16.8	6.918	47.86
.7161	.5129	2.9	1.396	1.950	.3199	.1023	9.9	3.126	9.772	.1429	.02042	16.9	6.998	48.98
.7079	**.5012**	**3.0**	**1.413**	**1.995**	**.3162**	**.1000**	**10.0**	**3.162**	**10.000**	**.1413**	**.01995**	**17.0**	**7.079**	**50.12**
.6998	.4898	3.1	1.429	2.042	.3126	.09772	10.1	3.199	10.23	.1396	.01950	17.1	7.161	51.29
.6918	.4786	3.2	1.445	2.089	.3090	.09550	10.2	3.236	10.47	.1380	.01905	17.2	7.244	52.48
.6839	.4677	3.3	1.462	2.138	.3055	.09333	10.3	3.273	10.72	.1365	.01862	17.3	7.328	53.70
.6761	.4571	3.4	1.479	2.188	.3020	.09120	10.4	3.311	10.96	.1349	.01820	17.4	7.413	54.95
.6683	.4467	3.5	1.496	2.239	.2985	.08913	10.5	3.350	11.22	.1334	.01778	17.5	7.499	56.23
.6607	.4365	3.6	1.514	2.291	.2951	.08710	10.6	3.388	11.48	.1318	.01738	17.6	7.586	57.54
.6531	.4266	3.7	1.531	2.344	.2917	.08511	10.7	3.428	11.75	.1303	.01698	17.7	7.674	58.88
.6457	.4169	3.8	1.549	2.399	.2884	.08318	10.8	3.467	12.02	.1288	.01660	17.8	7.762	60.26
.6383	.4074	3.9	1.567	2.455	.2851	.08128	10.9	3.508	12.30	.1274	.01622	17.9	7.852	61.66
.6310	**.3981**	**4.0**	**1.585**	**2.512**	**.2818**	**.07943**	**11.0**	**3.548**	**12.59**	**.1259**	**.01585**	**18.0**	**7.943**	**63.10**
.6237	.3890	4.1	1.603	2.570	.2786	.07762	11.1	3.589	12.88	.1245	.01549	18.1	8.035	64.57
.6166	.3802	4.2	1.622	2.630	.2754	.07586	11.2	3.631	13.18	.1230	.01514	18.2	8.128	66.07
.6095	.3715	4.3	1.641	2.692	.2723	.07413	11.3	3.673	13.49	.1216	.01479	18.3	8.222	67.61
.6026	.3631	4.4	1.660	2.754	.2692	.07244	11.4	3.715	13.80	.1202	.01445	18.4	8.318	69.18
.5957	.3548	4.5	1.679	2.818	.2661	.07079	11.5	3.758	14.13	.1189	.01413	18.5	8.414	70.79
.5888	.3467	4.6	1.698	2.884	.2630	.06918	11.6	3.802	14.45	.1175	.01380	18.6	8.511	72.44
.5821	.3388	4.7	1.718	2.951	.2600	.06761	11.7	3.846	14.79	.1161	.01349	18.7	8.610	74.13
.5754	.3311	4.8	1.738	3.020	.2570	.06607	11.8	3.890	15.14	.1148	.01318	18.8	8.710	75.86
.5689	.3236	4.9	1.758	3.090	.2541	.06457	11.9	3.936	15.49	.1135	.01288	18.9	8.811	77.62
.5623	**.3162**	**5.0**	**1.778**	**3.162**	**.2512**	**06310**	**12.0**	**3.981**	**15.85**	**.1122**	**.01259**	**19.0**	**8.913**	**79.43**
.5559	.3090	5.1	1.799	3.236	.2483	.06166	12.1	4.027	16.22	.1109	.01230	19.1	9.016	81.28
.5495	.3020	5.2	1.820	3.311	.2455	.06026	12.2	4.074	16.60	.1096	.01202	19.2	9.120	83.18
.5433	.2951	5.3	1.841	3.388	.2427	.05888	12.3	4.121	16.98	.1084	.01175	19.3	9.226	85.11
.5370	.2884	5.4	1.862	3.467	.2399	.05754	12.4	4.169	17.38	.1072	.01148	19.4	9.333	87.10
.5309	.2818	5.5	1.884	3.548	.2371	.05623	12.5	4.217	17.78	.1059	.01122	19.5	9.441	89.13
.5248	.2754	5.6	1.905	3.631	.2344	.05495	12.6	4.266	18.20	.1047	.01096	19.6	9.550	91.20
.5188	.2692	5.7	1.928	3.715	.2317	.05370	12.7	4.315	18.62	.1035	.01072	19.7	9.661	93.33
.5129	.2630	5.8	1.950	3.802	.2291	.05248	12.8	4.365	19.05	.1023	.01047	19.8	9.772	95.50
.5070	.2570	5.9	1.972	3.890	.2265	.05129	12.9	4.416	19.50	.1012	.01023	19.9	9.886	97.72
.5012	**.2512**	**6.0**	**1.995**	**3.981**	**.2239**	**.05012**	**13.0**	**4.467**	**19.95**	**.1000**	**.01000**	**20.0**	**10.000**	**100.00**
4955	.2455	6.1	2.018	4.074	.2213	.04898	13.1	4.519	20.42					
4898	.2399	6.2	2.042	4.169	.2188	.04786	13.2	4.571	20.89		10^{-5}	30		10^{3}
4842	.2344	6.3	2.065	4.266	.2163	.04677	13.3	4.624	21.38	10^{-2}	10^{-4}	40	10^{2}	10^{4}
4786	.2291	6.4	2.089	4.365	.2138	.04571	13.4	4.677	21.88			50		10^{5}
											10^{-3}	60		10^{6}
4732	.2239	6.5	2.113	4.467	.2113	.04467	13.5	4.732	22.39	10^{-1}	10^{-6}	70	10^{1}	10^{7}
4677	.2188	6.6	2.138	4.571	.2089	.04365	13.6	4.786	22.91		10^{-7}	80		10^{8}
4624	.2138	6.7	2.163	4.677	.2065	.04266	13.7	4.842	23.44	10^{0}	10^{-8}	90	10^{4}	10^{9}
4571	.2089	6.8	2.188	4.786	.2042	.04169	13.8	4.898	23.99	10^{1}	10^{-9}			
4519	.2042	6.9	2.213	4.898	.2018	.04074	13.9	4.955	24.55		10^{-10}	100	10^{3}	10^{10}

Messaggio di Guglielmo Marconi all'amico Solari in occasione della inaugurazione della grande stazione radio di Bologna nel 1936.

"Oggi all'estero si rivela per mezzo della radio il disciplinato silenzio del popolo italiano che scende in piazza solo per ascoltare un'unica voce: la voce a noi carissima del Duce, che dice agli altri popoli la ferma volontà del nostro paese di progredire sempre più col lavoro, con la pace, e se necessario con la forza... Possa Bologna, madre gloriosa di Galvani e di Righi, contribuire con la sua scienza ad assicurare in modo sempre più vasto il compimento della volontà del nostro popolo, costante esempio delle più generose virtù.

Possa questa stazione di Bologna, costruita ed eretta interamente da abili ingegneri italiani e da preziose nostre maestranze, irradiare nel mondo notizie di sempre nuove vittorie e di conquiste spirituali e materiali dell'Italia Fascista.

Questo è il mio fervido augurio col quale invoco su di Voi, con tutto il mio cuore, amici carissimi, ogni possibile bene e sulla nostra diletta Italia ogni più arridente fortuna".

Tratta dall'opera "Grandi Italiani" di U. Guglielmoni Ediz. C.E.N. - Roma

INDICE

CAPO I
ELETTROLOGIA ED ELETTROTECNICA

Capitolo 1 **pag.**

La carica elettrica e l'atomo 7
Materiali isolanti e materiali conduttori 10
Campo elettrico 10
Condensatore e capacità elettrica 11
Il farad e i suoi sottomultipli, i tipi di condensatori 14
Condensatori in parallelo 14
Condensatori in serie 15
Esperimenti -1- 16
Esercizi sul capitolo 1 20

Capitolo 2

Differenza di potenziale e forza elettromotrice, unità di misura della forza elettromotrice 22
Resistenza elettrica 22
Legge di Ohm 25
Esperimenti -2- 25
La massima potenza 32
Il Watt 32
Cenni sulle leggi di Kirchhoff e sui principi di Thevenin 35
Esercizi sul capitolo 2 40

Capitolo 3

Effetti della corrente elettrica: effetto termico, effetto magnetico 42
Effetto elettrolitico 42
La pila e l'accumulatore 43
Batterie di pile e di accumulatori e loro disposizione in serie e in parallelo 44
La capacità degli accumulatori; la carica degli accumulatori 44
Accumulatori al nikel-cadmio 45
Esercizi sul capitolo 3 46

Capitolo 4

Induzione elettromagnetica 47
Mutua induzione 49
Induttanza 50
Differenze fra induttanza e capacità nell'immagazzinare energia 51
Il calcolo vettoriale grafico delle forze 53
Scarica di un condensatore in una resistenza e in una induttanza 55

Capitolo 5

Tensioni e correnti alternate 59
Periodo, frequenza, pulsazione 62
Ampiezza, valore medio, valore efficace di una grandezza alternata 64
Esercizi sul capitolo 5 67

Capitolo 6

Legge di Ohm per la corrente alternata 68
Reattanza induttiva 69
Reattanza capacitiva 70
Impedenza 71
Sfasamento fra tensione e corrente 77
Potenza apparente e potenza reale 81
Fattore di potenza 83
Esperimenti - 3 - 85
Esercizi sul capitolo 6 88

Capitolo 7 **pag.**

Correnti non sinusoidali 90
Le componenti armoniche 91
Effetti fisiologici della corrente elettrica 92
Norme di protezione e di soccorso 92

Capitolo 8

I trasformatori elettrici e la loro utilità 95
La costruzione del trasformatore elettrico 96
Il trasformatore adattatore d'impedenza 99
Esercizi sul capitolo 8 101

Capitolo 9

Gli strumenti ed apparecchi di misura 102
L'amperometro per corrente continua 102
Il voltmetro per corrente continua 104
L'ohmetro 108
Il tester e le misure in alternata 108
La misura dei Watt, il wattmetro 110
Cenni su altri strumenti di misura 112
Esercizi sul Capitolo 9 114

CAPO II
RADIOTECNICA - TELEGRAFIA - TELEFONIA

Capitolo 10 **pag.**

Resistenza induttanza e capacità concentrate e distribuite 117
Comportamento dei circuiti comprendenti resistenze, induttanze e capacità, al variare della frequenza 120
Esercizi sul capitolo 10 125

Capitolo 11 **pag.**

La risonanza elettrica e il "Q" del circuito 126
Risonanza in serie e in parallelo di un circuito 128
Risonanza di due circuiti accoppiati 131
Il cristallo di quarzo quale circuito LC; filtri 132
Il più semplice radioricevitore 135
Cuffia telefonica 137
Esercizi sul capitolo 11 139

Capitolo 12

L'amplificazione dei segnali elettrici valvole e transistor 140
Le valvole (tubi elettronici) e le loro caratteristiche costruttive 141
Le curve caratteristiche dei tubi elettronici triodi - tetrodi - pentodi 142
Impiego delle valvole in circuiti di amplificazione - guadagni di tensione e di corrente 147
Generazione di segnali con l'impiego di valvole (oscillatori) 151
Esercizi sul capitolo 12 157

Capitolo 13 **pag.**

Impiego dei tubi elettronici nelle apparecchiature radioelettriche riceventi e trasmittenti 158
Descrizione del funzionamento di un ricevitore super eterodina, a tubi elettronici 159
Descrizione del funzionamento di un trasmettitore per banda amatori a tubi elettronici 163

Capitolo 14

I raddrizzatori e i diodi 167
I semiconduttori 171
I transistori 173
Le curve caratteristiche dei transistori 175
Il guadagno 177
La resistenza d'ingresso 178
La resistenza d'uscita 178
Esercizi sul capitolo 14 183

Capitolo 15

Caratteristiche elettriche e costruttive dei trasmettitori radiotelegrafici e radiotelefonici 184
Potenza allo stadio finale 185
Potenza di picco 186
Emissione di segnali indesiderati (armoniche e spurie) 187
La misura della armoniche e delle spurie; il decibel 188
Tipi e profondità di modulazione 191
Stabilità di frequenza, il PLL 192
Esercizi sul capitolo 15 197

Capitolo 16 **pag.**

Schemi a blocchi e descrizioni circuitali di apparati riceventi, trasmittenti e ricetrasmittenti:
Ricevitori:
1) Ricevitore per segnali modulati in ampiezza e per segnali non modulati 198
2) Ricevitore per segnali modulati in ampiezza con portante ridotta o soppressa 199
3) Ricevitore per segnali modulati in frequenza 200
Caratteristiche essenziali dei ricevitori 203
1) Trasmittente per sola telegrafia (CW) 206
2) Trasmittente per modulazione d'ampiezza a banda intera 207
3) Trasmittente per modulazione d'ampiezza a banda soppressa (SSB) 208
4) Trasmittente per modulazione di frequenza (FM) 212
5) Ricetrasmittenti 214
Le interferenze 215
Esercizi sul capitolo 16 218

Capitolo 17

Le antenne in generale 219
Teoria dell'antenna. Relazione fra sua dimensione e lunghezza d'onda 220
Il dipolo 222
Caratteristiche dell'antenna 225
Vari tipi d'antenna 227
Linee di collegamento fra antenna ed apparecchio 228
Adattamento dell'antenna 231
Esercizi sul capitolo 17 233

Capitolo 18 **pag.**

La propagazione delle onde radio 234
Propagazione in funzione della frequenza delle onde radio 235
Esercizi sul capitolo 18 240

Capitolo 19

Ondametri, misuratori di frequenza 241
Nozioni di telefonia: microfono e telefono 242
Nozioni di telegrafia: telegrafo morse 243
Altoparlante 244
Realizzazione di circuiti sperimentali - riparazioni - 245
Esercizi sul capitolo 19 249

CAPO III
REGOLAMENTI E NORMATIVE

Capitolo 20

Regolamenti e leggi in generale sulle radiocomunicazioni 250
Il regolamento internazionale per le radiocomunicazioni:
norme relative al servizio d'amatore 252
Art. 1 Definizioni 254
Art. 4 (ex Art. 2) Designazione delle emissioni 255
Art. 6 (ex Art. 3) Norme generali per l'assegnazione e l'impiego delle frequenze 257
Art. 8 (ex Art. 5) Divisione del mondo in tre regioni 258
Art. 5 (ex Art. 12) Caratteristiche tecniche degli apparati e delle emissioni 259
Art. 18 et 19 (ex Art. 14) Disturbi e prove 260
Art. 20 (ex Art. 13) Controllo internazionale delle emissioni 260
Art. 22 (ex Art. 15) Procedura contro i disturbi 261
Art. 23 (ex Art. 17) Segreto 261
Art. 24 (ex Art. 18) Licenze 262
Art. 25 (ex Art. 19) Identificazione delle stazioni 262
Appendice 42 - Nominativi 264
Il codice **Q** - Appendice 13 268
Abbreviazioni 270

Il regolamento nazionale per le radiocomunicazioni:
norme relative al servizio d'amatore 271
Art. 330 - 331 - 332 - 333 DPR 156 271
Nuove norme
Art. 1 - 2 271
Art. 3 Esami 272
Art. 4 Concessioni 272
Art. 5 Rilascio della concessione 273

Art. 6 Concessioni speciali 273
Art. 7 Canoni di esercizio 273
Art. 8 Nominativo 273
Art. 9 Norme tecniche 273
Art. 10 Norme di esercizio 275
Art. 11 Collaborazione al soccorso 276
Art. 12 Sanzioni amministrative 276
Art. 13 Validità e rinnovo della concessione 276
Art. 14 Sospensione dell'attività 276
Art. 15 Sospensione, decadenza, revoca 277
Art. 16 Controllo sulle stazioni 277
Art. 17 Duplicazione 277
Art. 18 Disposizioni transitorie e finali 277
Procedure per ottenere le patenti 278
Programma d'esame 279
Domanda d'esame 279
Fac-simile di domanda d'esame 280
Fac-simile di domanda di licenza 281
Indirizzi dei Circoli Costruzioni T.T. e delle direzioni compartimentali 282
Sintesi sugli obblighi del radioamatore 283
Esercizi sul capitolo 20 284
Alcuni argomenti d'esame 285

Appendice 288

Misure fisiche ed elettriche 289
Misure geometriche 290
Tabella dei multipli e sottomultipli - Alfabeto greco 291
Alfabeto fonetico 292
Codice RST 292
Alfabeto Morse 293
Legge di Ohm per corrente continua: formule 294
Legge di Ohm per corrente alternata: formule 295
Tabelle per calcoli di bobine, di decibel e di rapporto d'onda stazionaria 296
Nomogramme per bobine 298
Tabella SWR 1÷1,9 299
Tabella SWR 1÷50 300
Simboli usati negli schemi 301
Tabella dei decibel 303

Messaggio di Guglielmo Marconi 304

Prezzo £. 30'000

Finito di stampare il 2 gennaio 1992
dalla Press R3
Almenno San Bartolomeo (BG) - Tel. 035/540.945

LA PATENTE DI RADIO AMATORE
05890100
2 005890 100005